

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный технический университет»

**Семьдесят вторая всероссийская
научно-техническая конференция
студентов, магистрантов и аспирантов
высших учебных заведений
с международным участием**

Часть 2

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль
2019

© Ярославский государственный технический университет, 2019
ISBN 978-5-9914-0764-9

УДК 378:001.891
ББК 74.58
С30

С30 **Семьдесят вторая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием.** 24 апреля 2019 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. – 1144 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Во вторую часть сборника вошли материалы, представляющие результаты научно-исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов в области машиностроения, автоматизации в производственной и непроизводственной сферах, стандартизации, метрологии и сертификации, материаловедения и технологии материалов, инженерно-педагогических дисциплин, строительства и архитектуры, а также управления качеством.

Минимальные системные требования:
PC PentiumIV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP, Adobe
Acrobat Reader, дисковод CD-ROM, мышь

© Ярославский государственный технический университет, 2019

Программное обеспечение:
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat

Программное обеспечение для воспроизведения электронного издания:
Adobe Acrobat Reader, браузеры Google Chrom, Yandex

Редакционная коллегия: Е.О. Степанова, А.В. Колобов, Е.А. Вавилова, В.Б. Доброхотов, Т.В. Ключева, С.Г. Кондаков, М.Н. Кюребекова, А.Е. Лебедев, Г.В. Рыбина, С.В. Шкиотов

Редактор Л.С. Кокина

Инженер по электронным изданиям: Е.В. Александрова

Объем издания: 37,7 Мб
Комплектация издания 1 CD-ROM

Ярославский государственный технический университет
150023, г. Ярославль, Московский пр., 88
<http://www.ystu.ru>

Контактные телефоны: 8 (4852) 44-12-70
(4852) 44-68-15

Сборник конференции включает материалы следующих секций:

Часть 1

1. Химия и химические технологии
2. Промышленная экология
3. Физико-математические науки
4. Энергетические машины и наземный транспорт

Часть 2

1. **Машиностроение**
2. **Автоматизация в производственной и непроизводственной сферах**
3. **Стандартизация, метрология и сертификация**
4. **Материаловедение и технология материалов**
5. **Инженерно-педагогическое образование**
6. **Строительство и архитектура**
7. **Управление качеством**

Часть 3

1. Информационные технологии
2. Экономика и управление
3. Гуманитарные науки
4. Лингвострановедение и переводоведение

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ».....	25
С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО СМЕСИ В НОВОМ СМЕСИТЕЛЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	25
Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев РАЗРАБОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ВХОДНОГО ПОТОКА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КАВИТАЦИИ В НАСОСНОМ ОБОРУДОВАНИИ.....	28
Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГОЛОВОК ДЛЯ СОЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	32
Я.В. Якимов, А.В. Проворов ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДА КАТАЛИЗАТОРА УСТАНОВКИ КАТКРЕКИНГА НПЗ.....	36
Н.В. Филиппов, А.М. Шапошников ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СТЕРЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.....	40
Д.А. Грачев, Н.В. Бадаева ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ.....	44
А.С. Кеворкян, Н.В. Бадаева О РАЗВИТИИ ТЕОРИИ ИЗГИБА.....	47
Ю.А. Котов, Н.В. Бадаева ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА	51
Е.А. Ковалевский, Л.Е. Сергеев, Е.В. Сенчуров ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОАБРАЗИВНОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ВАНАДИЯ	55
В.Р. Кузьмичев, А.М. Шапошников ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ И ПОДБОР СЕЧЕНИЯ БАЛОК.....	59
П.В. Кузьминов, А.Е. Лебедев РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ.....	64
Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев ДИСКРЕТНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПОТОКОМ ДЛЯ БОРЬБЫ С ЯВЛЕНИЕМ СЕГРЕГАЦИИ.....	67
Д.А. Ригин, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В НОВОМ АППАРАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	71
Н.В. Смилык, Н.В. Бадаева ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	75

С. Суид, А.Е. Лебедев, И. Суид ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СМЕСЕЙ СЫПУЧИХ СРЕД.....	79
А.А. Ватагин, А.Е. Лебедев ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ.....	81
А.А. Ватагин, А.Е. Лебедев КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОЦЕССАХ СМЕШЕНИЯ.....	85
В.И. Зеленый, И.С. Шеронина ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ.....	88
Д.В. Шпилькин РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЗАДАЧ НА РАСТЯЖЕНИЕ–СЖАТИЕ МЕТОДОМ СИЛ	92
А.Д. Башков, А.Е. Лебедев РАЗРУШЕНИЕ СТОЙКИХ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ.....	95
В.М. Ратушный, А.И. Яманин ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ С ОТКЛЮЧАЕМЫМИ ЦИЛИНДРАМИ	98
Д.А. Романычев, А.А. Павлов ПРИМЕНЕНИЕ ЧУГУНОВ С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОРШНЕЙ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	102
А.И. Стукова, А.П. Перепелин УДАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРСУНКАХ ДИЗЕЛЕЙ.....	106
Д.Н. Баранов, А.Е. Лебедев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	111
П.П. Буданов, А.А. Павлов РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ЗАЖИГАНИЕМ	115
Д.А. Вилкова, И.С. Гуданов РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ МАРОК ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА.....	119
А.А. Аминева, К.Е. Дуркина, А.Б. Капранова К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ.....	123
Д.Д. Бахаева, А.Б. Капранова К АНАЛИЗУ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	126
А.С. Брыкалов, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, А.Б. Капранова О СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЖАТИЯ СТРУИ ЖИДКОСТИ.....	131
А.А. Воронцов, И.И. Верлока, А.Б. Капранова О СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ЩЕТОЧНЫХ УСТРОЙСТВ.....	134

П.А. Гусев, К.А. Гуров, А.Б. Капранова К РАСЧЕТУ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ УГЛОВ ПРИ УДАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФАКЕЛА СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ С ОТБойНИКОМ	137
Я.В. Екимов, И.И. Верлока, А.Б. Капранова К РЕГРЕССИОННОМУ АНАЛИЗУ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧЕЙ СМЕСИ ПОСЛЕ УДАРА КОМПОНЕНТОВ ОБ ОТБойНИК.....	139
В.Е. Заболотный, Ю.А. Веткин СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСУДОВ И АППАРАТОВ.....	141
А.В. Крыцков, И.И. Верлока, А.Б. Капранова ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ГРАВИТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧУХ МАТЕРИАЛОВ	145
М.Ю. Куликовский, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОНСТРУКЦИИ ОСЕВОГО КЛАПАНА С ПОВОРОТНЫМ ЗАПИРАЮЩИМ ОРГАНОМ	147
А.Н. Мальшев, И.С. Гуданов ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИСКОВОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МАСЕЛ	150
А.В. Михрютин, В.В. Михрютин СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ МНОГОПОТОЧНОЙ 3D ПЕЧАТИ	155
А.В. Михрютин, В.В. Михрютин РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА.....	159
А.В. Новиков, И.С. Гуданов ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЛЕДОВ В ВЯЗКОУПРУГОМ ПОТОКЕ ПРИ ШТИФТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРОВ.....	163
А.А. Паутов, И.В. Александров, А.Б. Капранова К ВОПРОСУ ОБ ОПИСАНИИ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЕЙ В ФАЗОВОМ ОБЪЕМЕ	166
В.А. Рябцев, А.С. Карельская, А.Б. Капранова ОБ УСЛОВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ.....	168
Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, А.Б. Капранова ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ В РАЗРЕЖЕННОМ ФАКЕЛЕ	170
А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов К ВОПРОСУ ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ КАСКАДНОГО РЕАКТОРА СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ	172
А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАСКАДНОМ РЕАКТОРЕ СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ.....	176

С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В БАРАБАННО-ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	180
В.С. Иванов, И.С. Гуданов ОЦИФРОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОЙ МОДЕЛИ.....	183
А.А. Бирченко, В.П. Круглов ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФУТЕРОВКИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ПЕЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХУГЛЕРОДА	187
О.А. Аверьянова, А.М. Шапошников ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ	190
Д.Д. Аникиева, О.Н. Калачев ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА В AUTODESK FUSION TEAM И СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАД НИМ С ДРУГИМИ УЧАСТНИКАМИ ПРОЕКТА	194
И.А. Арефьев, А.В. Оборин МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ.....	198
К.А. Белозеров, А.А. Кулебякин РАЗРАБОТКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	203
М.С. Ермаков, К.А. Белозеров, А.А. Кулебякин, О.Н. Калачев АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА PASCAL OMEGA...207	
Е.С. Белоусова, О.Н. Калачев ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА RUTNOM ПРИ ПРОГРАММНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ FUSION 360	211
А.А. Бычков, О.Н. Калачев ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ MACH3 И NC STUDIO ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНКА С ЧПУ	215
В.О. Горбачёв, О.Н. Калачев ЭКРАННАЯ СБОРКА УСП В СРЕДЕ INVENTOR 2019 ПРИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА	219
А.С. Гуляев, О.Н. Калачев К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА КАФЕДРЕ КИ ТМС.....	224
И.М. Дресвянин, О.Н. Калачев МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	228
Е.И. Елисейкин, А.В. Крыцков, О.Н. Калачев ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ FDM/FFF 3D-ПРИНТЕРА В БЫСТРОМ ПРОТОТИПИРОВАНИИ.....	232

М.С. Ермаков, А.А. Кулебякин СБОРКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO С УПРАВЛЕНИЕМ ОТ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА	236
Ю.С. Жиделева, О.Н. Калачев РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ПРОТОТИПА НАСТОЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ	240
В.Н. Киселев, О.Н. Калачев РЕАЛИЗАЦИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ЛОЦМАН:PLM	244
А.А. Кругликов, К.А. Украженко КОМПЛЕКТОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК В ГИБКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	249
А.В. Крылов, А.М. Шапошников РАСЧЕТ ТЕМПА ИЗНОСА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПРОТЯЖЕК ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РЕЗАНИЯ	252
И.В. Кучумов, О.Н. Калачев ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ПРОТОТИПА ЗАВОДСКОЙ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ.....	257
Н.К. Лебедева, О.Н. Калачев ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В CREOPARAMETRIC 5.0 РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ.....	261
Н.В. Лыков, О.Н. Калачев РАЗРАБОТКА МФУ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА2560.....	265
С.И. Новожилов, О.Н. Калачев ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА В ЛОЦМАН:PLM И ИНТЕГРАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ ОАП И ЦП В МС.....	269
И.С. Пахолков, О.Н. Калачев ИССЛЕДОВАНИЕ НАСТРОЕК В ЛОЦМАН:PLM ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	273
А.И. Родоманов, О.Н. Калачев КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ В SOLIDWORKS	278
А.Р. Белов, А.В. Жаров КОГЕНЕРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА С ДИЗЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТОМ.....	282
А.А. Александров, А.В. Проворов РАСЧЕТ ОПОРЫ ПОСТОЯННОГО УСИЛИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА.....	286
А.В. Четверикова, О.Н. Калачев К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАТЕКАНИЯ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ	290
А.В. Смирнова, О.Н. Калачев К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА КАФЕДРЕ КИ ТМС	294

М.В. Хренов, Ю.А. Веткин ДООХЛАЖДЕНИЕ КОНДЕНСАТА ВЫПАРА В ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	300
Е.А. Махова, А.И. Лежнёв, В.П. Круглов ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ДВИЖУЩИХСЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	304
В.Д. Удальцов, А.М. Шапошников МОДИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ.....	308
Д.В. Шпилькин РАСЧЁТ ШПИНДЕЛЯ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ.....	311
В.А. Белавин, О.Н. Калачев ЦИФРОВОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ КООРДИНАТОГРАФА ДО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ	314
А.Ю. Волевач, Ю.А. Веткин ОБЗОР ФИЛЬТРОВ СЕТЧАТЫХ ЖИДКОСТНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ, ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМОЙ САМООЧИСТКИ	318
И.Б. Петреев, Ю.А. Веткин УКРЕПЛЕНИЕ ФЛАНЦА, ПРИВАРЕННОГО К КРЫШКЕ АППАРАТА, С ПОМОЩЬЮ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ.....	321
 СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ».....	 325
 С.В. Филиппов, А.В. Локтюшев ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ В СРЕДЕ МАТЛАВ-SIMULINK.....	 325
П.А. Фролов, И.А. Сергеев, Ю.В. Васильков МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕНДОВ НА ОСНОВЕ ИТЕРАЦИОННОЙ АППРОКСИМАЦИИ...330	
П.С. Савенко, С.Е. Савенко, А.Е. Савенко ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ ЗАВИСИМОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	333
И.А. Сергеев, П.А. Фролов, Ю.В. Васильков АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕНДОВ В СИЛЬНО ЗАШУМЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ МЕТОДАМИ СЕРИЙ И ИНВЕРСИЙ.....	337
П.С. Яичкова, Г.Г. Вилков ДЕКОМПОЗИЦИЯ БЛОКА РЕКТИФИКАЦИИ УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ.....	341

Х.Х. Азамов, О.Ю. Марьясин ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМАХ “УМНЫЙ ДОМ”	346
М.А. Белов, О.Ю. Марьясин РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ “УМНЫМ ДОМОМ”	351
В.Л. Головацкий, О.Ю. Марьясин РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ “ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЗДАНИЕМ”	356
А.Е. Григорьев, О.Ю. Марьясин РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	361
Д.М. Малышев, О.Ю. Марьясин РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ “УМНЫМ ДОМОМ”	366
В.А. Швецов, Г.Г. Вилков ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ОТБОРА ПРОДУКТА ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ	371
П.А. Яковлев, Г.Г. Вилков ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ С РЕЦИКЛОМ	375
К.А. Клочков, А.П. Бесшапошникова, А.В. Печаткин АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КАЛИБРОВКИ И ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ АПЕРТУРЫ.....	379
С.И. Маришенков, М.М. Беляева АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	384
Н.А. Смирнова, А.Е. Гузанова, А.Т. Кизимов ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	389
В.Д. Боровков, Ю.В. Васильков АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБРОТНОСТИ ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	392
СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ».....	397
А.С. Богодухова, В.А. Иванова РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0	397
Ж.С. Котова, В.А. Иванова ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	402

Е.Н. Погоньшева, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев СИСТЕМА ЗНАНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	406
Г.Н. Поварницина, В.А. Иванова АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЭТАПЕ ФОРМОВАНИЯ.....	410
Ю.А. Реутова, К.И. Порсев УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ.....	415
А.А. Загоскина, В.А. Иванова АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ.....	418
В.И. Екимова, А.Г. Маланов АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ГОСТ 21.204-13 И ГОСТ 21.408-2013.....	423
Н.Д. Чихалева, С.А. Соловьева РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ НА УРОВНЕМЕР.....	430
П.В. Ермолина, А.А. Чеснокова 5 ИНСТРУМЕНТОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	434
А.А. Калинина, Н.В. Демидова, С.А. Соловьева ОБ АКТУАЛИЗАЦИИ СТО «УПРАВЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ» НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ РАДИОЗАВОД».....	437
И.В. Куландина, С.А. Соловьева РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ЦЗЛ НА ПРИМЕРЕ АО «ЯТУ ИМЕНИ В.Ю. ОРЛОВА».....	441
К.С. Минина, С.А. Соловьева РУКОВОДСТВО ПО КАЧЕСТВУ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	444
Н.А. Разумов ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ОАО «РЫБИНСКИЙ ГАЗСЕРВИС».....	448
М.А. Скуратова, С.А. Соловьева РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ НА МАНОМЕТР МТ-100.....	452
В.А. Смирнова, А.Н. Попков К ВОПРОСУ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	456
П.А. Соснина, С.А. Соловьева УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ МЕНЕДЖМЕНТА.....	461
М.И. Волянский, С.А. Соловьева АКТУАЛИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ВКЛАДЫШЕЙ.....	465
Т.А. Бахарева, Е.Ф. Трофимов ДОКУМЕНТАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	469

Н.А. Костенко, Е.О. Побегалова АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СТРУКТУРЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	473
А.Д. Смирнова, Е.Ф. Трофимов ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЮДЖЕТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	476
Ю.В. Баскова, Н.И. Вершинина ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	480
А.Е. Глазунова, Н.И. Вершинина АНАЛИЗ ТРЕБУЕМОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ	483
Н.С. Соколова, Н.И. Вершинина СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ	487
В.И. Уткина, Е.Ф. Трофимов РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА И МАССЫ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРЕ	490
СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»	494
А.Д. Рыбаков, А.П. Амосов, А.Р. Луц, В.А. Новиков ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В СВС АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ AL(CU)-TiC.....	494
М.П. Петрова, В.А. Иванова ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРА НА СВОЙСТВА УПРОЧНЯЕМОГО СЛОЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ.....	498
К.А. Смирнова, Т.Д. Стоянова АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ИЗ СТАЛИ МАРКИ ШХ15	502
А.А. Вяткина, Н.В. Косарева АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛИ МАРКИ 15ХСНД	507
М.Н. Федорова, Н.И. Вершинина ЗНАЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ	510
А.П. Кашляева, Н.И. Вершинина ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДЕКСА QRM ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАГИРОВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ.....	514
Д.М. Логинов, Н.И. Вершинина ЛИТЬЕ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	518
М.Д. Мордасов, А.В. Никитин, В.С. Верченков, Д.М. Мордасов ВЫБОР ДИСПЕРСИОННОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА	522

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 32Г2.....	525
В.И. Петренко, Я.С. Земцова, Д.М. Мордасов ИСЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОКИСЛЕНИЯ ЛАТУНИ	528
В.А. Вахрамова, А.Р. Луц ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА AL-SiC-TiC	530
Т.М. Муборакшоев, В.А. Алов ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФЛОКЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЯХ	534
М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова Фуллерены и перспективы их использования.....	537
В.А. Крылова, А.А. Воробьева, В.Ф. Ершова СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ЕЁ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	540
СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»	
544	
А.В. Кузин, С.И. Моднов РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «МИР СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ».....	544
Д.А. Ермаков ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ	549
Р.Я. Долковски, Е.Г. Аккуратов ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК КАК СРЕДСТВО САМООБРАЗОВАНИЯ.....	554
И.С. Сазонов, Е.Г. Аккуратов ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ SUNRAY TESTOFFICEPRO	558
А.В. Быстрова РЕШЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ	562
Т.В. Ермолова, Н.О. Герасимова ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА (НА ПРИМЕРЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ ЯРОСЛАВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА).....	566
А.М. Ершова, А.Н. Исаев ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБИНАРОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	569
А.А. Кутузова, А.Н. Исаев РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ В SUNRAY TESTOFFICEPRO И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКАХ	573
Е.Н. Еремеева, А.И. Петров ВВЕДЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ	577

Д.А. Скоблова, Н.О. Герасимова РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОФИОРИЕНТАЦИИ ДЕТЕЙ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДКИ «КИДБУРГ».....	581
А.М. Рыбникова, Н.О. Герасимова РАЗРАБОТКА ДИДАКТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ АСТРОНОМИЯ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ.....	584
СЕКЦИЯ "СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА"	588
И.А. Аладов, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРА ПАМЯТИ.....	588
М.Е. Баталова, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова ПОДХОДЫ К РЕНОВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ СОВЕТСКИХ АЛЬПЛАГЕРЕЙ	592
А.А. Бурова, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРА В СПЕКУЛЯТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ АНТИУТОПИЙ	597
Д.И. Демидов, Т.А. Сиротина МУЗЕЙНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС "МОЛОГА"	601
А.С. Забелина, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРНЫЙ РИСУНОК	605
Е.А. Кожин, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРА АГРОТУРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	608
А.С. Коледов, Н.В. Смирнов, Н.В. Хомутова ПРОЕКТ ДЕТСКОГО ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В БАЛАШИХЕ.....	612
Е.С. Крылова, Н.Н. Кудряшов РЕГЕНЕРАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА ПОШЕХОНЬЕ.....	616
Д.А. Малинина, Е.В. Сеницына ПУТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИСЛАМА.....	619
С.В. Огурцов, Н.В. Хомутова АРХИТЕКТУРА ГОРНЫХ ПРИЮТОВ.....	622
Е.Е. Оленева, Е.В. Сеницына ИДЕИ СОВЕТСКОГО АВАНГАРДА И СОВРЕМЕННАЯ АРХИТЕКТУРА	625
Н.В. Смирнов, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова КОНВЕРСИЯ ТЕРРИТОРИИ ТУТАЕВСКОЙ ЛЬНЯНОЙ МАНУФАКТУРЫ.....	629
А.Д. Тихомирова, Н.В. Хомутова ТРАДИЦИОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВЕРХНЕЙ СВАНЕТИИ	633
Е.С. Шарыгина, Н.Н. Кудряшов ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ АЭРОПОРТОВ И ПОПЫТКИ ИХ РЕШЕНИЯ	637
Д.С. Григорьева, А.В. Тингаева, Н.Н. Кудряшов МОДА, ВДОХНОВЛЕННАЯ АРХИТЕКТУРОЙ	641
Н.А. Кудрявцева, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ГАЗОННУЮ ТРАВУ	645

М.Н. Гладышева, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ	649
Ю.А. Комиссарова, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ...	652
А.А. Курныгина, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	656
М.А. Рытяков, В.Ю. Вербин, В.М. Дудин МЕТОДЫ ОБЪЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОДБОРЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СМЕСИ ПРИ ХОЛОДНОМ РЕСАЙКЛИНГЕ	660
А.Ю. Гагарин, В.М. Дудин СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ	666
Е.Г. Беляев, В.М. Дудин ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	672
Л.А. Артемьева, В.М. Дудин ПОДБОР СОСТАВА АСФАЛЬТОГРАНУЛОБЕТОНА ПРИ ХОЛОДНОМ РЕСАЙКЛИНГЕ	676
И.М. Беков, А.А. Игнатьев ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ	682
А.В. Галкина, А.А. Игнатьев ОТЛИЧИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПО ПНСТ 265-018	687
Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ФОСФОГИПСА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОГО ПОЛИМЕРНОГО МОДИФИКАТОРА БИТУМА.....	691
К.А. Иванова, Р.Ю. Гогин, В.С. Кормщикова, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ОКАТАННОГО АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА В КАЧЕСТВЕ ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	696
А.В. Князева, А.А. Игнатьев ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КАК СТАБИЛИЗАТОР ГРУНТА. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НА СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ.....	701
А.В. Куревенков, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТОМ БИТУМА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ	706

М.С. Лукьянчикова, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛЯТА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ	710
Е.А. Пожарская, А.А. Игнатьев УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К АСФАЛЬТОБЕТОНУ ПО ПНСТ 184-2016	714
Л.Ю. Селянинова, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ГРУНТОИЗВЕСТКОВОЙ СМЕСИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	717
Л.Ю. Селянинова, А.А. Игнатьев РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ.....	721
Н.В. Серегина, А.А. Игнатьев СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕСАЙКЛЕРОВ.....	726
М.В. Степанова, А.А. Игнатьев МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО СОСТАВА ПО МЕТОДОЛОГИИ «SUPERPAVE».....	732
В.В. Четверикова, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРЕШЕТОК В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	736
В.А. Буслаев, А.В. Симонова ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГОРОДСКИХ ДОРОГ	740
В.В. Снопко, А.В. Симонова, А.А. Игнатьев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПО МЕТОДОЛОГИИ MARSHALL И SUPERPAVE.....	744
А.А. Молотков, А.А. Игнатьев СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИТУМОЕМКОСТИ НЕАКТИВИРОВАННОГО ИЗВЕСТНЯКОВОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА, ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ СМЕСЕЙ.....	748
С.В. Отрубина, М.А. Фоменко ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ В СОСТАВЕ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	752
М.И. Клёмина, Г.А. Фоменко ГЕНЕЗИС ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДОКЛАДОВ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ.....	757
С.С. Мухлаева, Е.А. Михайлов УГРОЗЫ СНИЖЕНИЯ ВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ, АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ.....	761
А.С. Власова, А.И. Ахременко ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОЛГЕ ЗА 2009-2018 ГОДЫ.....	764
А.С. Голубева, А.И. Ахременко МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЛОТИНЫ В ПОС. ВОХМА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	768

А.М. Романцева, А.И. Ахременко О КАЧЕСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ В ПЕРЕСЛАВСКОМ МР ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	772
Р.Ю. Иванов, Е.А. Михайлов РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ	776
М.И. Лосев, Е.А. Михайлов ТЕПЛО-МАССООБМЕН В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ	781
Л.М. Смирнова, Е.А. Михайлов ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛО-МАССООБМЕН В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ АЭРАЦИИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД...	786
А.А. Чекашкина, Е.А. Михайлов ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ	790
В.А. Шигарева, Е.А. Михайлов ДЕАЭРАЦИЯ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ.....	794
П.А. Смирнов, А.Л. Балущкин ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ СП 296.1325800.2017 В РАСЧЕТАХ НА ПРОГРЕССИРУЮЩИЕ ОБРУШЕНИЯ	799
Е.О. Андрос, Г.Н. Голубь АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВЛИ СО СТРОПИЛЬНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В ЗДАНИЯХ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ....	806
Д.С. Баряк, Г.Н. Голубь НЕЛИНЕЙНОСТЬ В РАБОТЕ КОНСТРУКЦИЙ. УЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ В РАСЧЕТАХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	811
О.А. Выюгина, Г.Н. Голубь АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ, УСТРОЕННЫХ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ.....	815
Д.В. Захаров, Г.Н. Голубь ВИДЫ УСИЛЕНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	820
И.А. Майер, Н.М. Отекин, Г.Н. Голубь АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ КАРКАСЕ	825
Н.М. Отекин, И.А. Майер, Г.Н. Голубь АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗДАНИЯХ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ.....	829
В.И. Черник, Г.Н. Голубь УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	833
Е.Р. Рысаков, Е.А. Баранова, Г.Ю. Теренина АРКА НАД ЧЕРНОБЫЛЬСКИМ ЭНЕРГОБЛОКОМ	838

Е.А. Баранова, Е.Р. Рысаков, Г.Ю. Теренина ДЕРЕВЯННЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КУПОЛ.....	842
А.А. Арсентьева, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ В Г. ПЕРЕСЛАВЛЬ-ЗАЛЕССКИЙ С УЧЕТОМ ПУЛЬСАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ.....	846
О.П. Башмакова, А.Л. Балушкин РЕСТАВРАЦИЯ И ВОССОЗДАНИЕ КУПОЛОВ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ.....	850
Д.В. Большаков, С.А. Тумаков УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ КИРПИЧНОГО ЗДАНИЯ НА СВАЙНОМ ФУНДАМЕНТЕ.....	855
М.С. Горева, Г.Ю. Теренина ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА «ГЕЛИОТРОП».....	859
А.А. Грибков, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ.....	864
А.В. Данилов, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ.....	868
А.В. Миков, А.Л. Балушкин СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	872
Т.Г. Окунева, С.А. Тумаков ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР СТАЛЬНЫХ РАМ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	877
А.М. Протасов, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ОТ ЭТАЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ.....	882
А.И. Рожнова, А.Л. Балушкин СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ВЕСА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....	887
Д.С. Ергина, А.Л. Балушкин ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ СТЫКОВ.....	892
А.Е. Щедрёнкин, С.А. Тумаков АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ СВАЙНОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ.....	897

Е.С. Егоров, С.В. Самченко ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ГИДРАТИРОВАННАЯ ЦЕМЕНТНАЯ СУСПЕНЗИЯ КАК ДОБАВКА В БЕТОННУЮ СМЕСЬ	901
С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова ОСОБЕННОСТИ БИОКОРРОЗИИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ	905
А.А. Колесникова, М.В. Лысанова УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	909
Е.А. Смирнова, М.В. Лысанова МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	912
М.А. Старова, М.В. Лысанова МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА	915
И.А. Брусицын, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ № 15 ПО УЛ. ВОЛЖСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ	919
А.О. Тюрикова, А.С. Зайцева, А.Б. Лебедев КИНЕТИКА ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ПОРИСТОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	923
Д.Е. Филимонов, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ	927
Д.А. Кондратюк, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ПОЛНЫМ КАРКАСОМ	930
В.С. Кормашов, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В ВЫШТАМПОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ	935
Е.Н. Загрузина, Е.М. Бредерман, А.Б. Лебедев ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И ПРОЧНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОНКОМОЛОТОЙ СЕРОЙ БЕТОНА НА ОСНОВЕ НАТРИЕВОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА	940
М.С. Басова, А.Б. Лебедев ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ С ТОЧЕЧНЫМ ТЕПЛОПРОВОДНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ	944
О.С. Гумашкова, М.А. Абрамов БЕТОННАЯ ПЛИТКА ДЛЯ СИСТЕМ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ	948
Д.С. Ильичев, А.В. Куликов, М.А. Абрамов НОВЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	952
А.Б. Османов, И.У. Дарсалия, М.А. Абрамов ИНЪЕКЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	956

А.О. Мурашов, М.А. Абрамов ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТ ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	960
А.Е. Ларичев, М.А. Абрамов АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВНЫХ ГУСТОАРМИРОВАННЫХ ЛЕСТНИЦ В БОЛЬШОЙ СПОРТИВНОЙ АРЕНЕ “ЛУЖНИКИ”.....	964
И.Н. Рочев, А.К. Перцев, М.А. Абрамов О ПРИМЕНЕНИИ ПРОЗРАЧНОГО БЕТОНА	968
И.С. Левашов, В.Б. Доброхотов АРМИРОВАНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	972
М.Б. Балакирева, В.Б. Доброхотов ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕЦИРОВАНИЕМ.....	976
А.А. Цветков, В.Б. Доброхотов ВИМ-ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	980
М.В. Грибков, В.Б. Доброхотов ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С НЕСУЩИМИ И ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА.....	984
А.Ю. Косяков, В.П. Фатиев, А.Е. Лыгин ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ СВАЙ ПРИ ЗАБИВКЕ ОТ ИХ ПРОЕКТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО СВАЙНОГО КУСТА	987
В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	991
В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов ИССЛЕДОВАНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ФИБРОБЕТОНА	996
В.А. Голубева, В.Б. Доброхотов МАЛОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ МАСС	1000
В.В. Бокарев, В.Б. Доброхотов РАЗРАБОТКА УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ С КЛАДКОЙ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА.....	1007
Е.А. Щукарева, В.Б. Доброхотов ПРИМЕНЕНИЕ НАЛИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ. РАСЧЁТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛОВ В СИСТЕМЕ SCAD	1011
Н.В. Александрова, В.Б. Доброхотов ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ КРОВЛИ В РОССИИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?.....	1016

В.С. Гомилко, В.Б. Доброхотов К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ МАСЕЛ НА БЕТОН.....	1021
Р.К. Броян, В.Б. Доброхотов РАЗРАБОТКА БЛОКОВ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОГО БЕТОНА ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛОВ.....	1024
А.Т. Броян, В.Б. Доброхотов ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С НЕСУЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА.....	1029
М.С. Бочек, В.Б. Доброхотов РАЗРАБОТКА КРУПНОФОРМАТНЫХ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА.....	1033
 СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ».....	 1038
 А.А. Алексеева, А.С. Степанова МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ АУДИТОРА СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА....	 1038
С.А. Архиреева, М.Е. Ильина РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....	1043
И.А. Баданина, А.С. Ермишин РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ООО «СЛАВЯНСКИЙ ХЛЕБ».....	1047
И.И. Барабанщикова, В.В. Кочерова ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС» И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	1052
И.И. Барабанщикова, В.В. Кочерова ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕЛЬФИ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	1056
И.И. Барабанщикова, В.В. Кочерова СТРАТЕГИЯ ВНЕДРЕНИЯ SALS-ТЕХНОЛОГИЙ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	1060
А.И. Белякова, Т.А. Сычева, А.Н. Буланов ВСТРАИВАЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ С УЧЁТОМ «ИНДУСТРИИ 4.0».....	1064
С.В. Дулова, Е.М. Шастина РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ПРОЦЕССА «ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРОДУКЦИЕЙ» (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «Р-ФАРМ» В ГОРОДЕ РОСТОВ «ЗАВОД АКТИВНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ «ФАРМОСЛАВЛЬ».....	1068
А.Н. Калишаускайте, Д.С. Коршунова, С.А. Царева РОЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ.....	1072

Ю.В. Канина, В.В. Кочерова ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТОВАРОВ И УСЛУГ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	1075
А.Н. Ковалёва, Е.К. Маркова, А.С. Ермишин ПРИМЕНЕНИЕ 3Д-СКАНИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	1079
А.И. Костюченко, В.В. Кочерова ПРЕДПОСЫЛКИ К ВНЕДРЕНИЮ МАССОВЫХ ОТКРЫТЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УНИВЕРСИТЕТА	1084
Д.В. Куракин, Н.В. Горячева УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЯ	1088
А.С. Маценко, Н.В. Горячева ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	1091
Н.В. Морозов, В.В. Кочерова УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ	1095
В.Э. Никитина, А.С. Степанова КОНЦЕПЦИЯ И ФИЛОСОФИЯ РИСК МЕНЕДЖМЕНТА В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТАХ.....	1099
М.А. Новиков, В.В. Кочерова МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»)	1103
Д.А. Полетова, С.А. Царева МЕТОДИКА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»).....	1107
Л.К. Сергеева, С.А. Царева ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕРЕНИЙ	1111
О.В. Смолковский, В.В. Кочерова ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ	1115
Е.А. Соколова, С.А. Царева СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	1119
П.В. Соколова, А.С. Ермишин СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВАЛИДАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ ..	1123
С.Е. Степина, У.М. Кабанова, А.С. Ермишин ФОРМЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА НЕСОБЛЮЖДЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ...	1128
П.К. Стороженко, В.А. Селезнева, А.С. Степанова МЕНЕДЖМЕНТ ЗНАНИЙ: ПРАКТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ...	1133

Т.А. Сычева, А.И. Беякова, А.Н. Буланов ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	1137
И.А. Шалаев, В.В. Кочерова ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ (НА ПРИМЕРЕ ПАО РОСБАНК)	1141

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

УДК 621.929.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО СМЕСИ В НОВОМ СМЕСИТЕЛЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

Научный руководитель – **М.Ю. Таршис**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Обсуждаются результаты экспериментальных исследований влияния режимных параметров нового барабанного смесителя на качество получаемой сыпучей смеси. Построены зависимости, аппроксимирующие результаты экспериментов. В связи с полученными результатами, рассмотрены предпосылки к расчету нового смесителя.

Ключевые слова: смеситель, сыпучие материалы, концентрация, коэффициент загрузки, коэффициент неоднородности.

OPERATING PARAMETRES EFFECT TO THE QUALITY OF MIXTURE IN THE ADVANCED MIXING BULK TANK EXPERIMENTAL STUDIES

S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

Scientific Supervisor – **M.Yu. Tarshis**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The operating parameters effect to the quality of mixture in the advanced mixing bulk drum are discussed. Approximated experimental results characteristic curves are constructed. According to the obtained results, the prerequisites for advanced mixing bulk tank are considered.

Keywords: mixing tank, bulk materials, concentration, loading coefficient, non-homogeneity coefficient.

Разработка любого технического устройства должна быть основана на надежных экспериментальных данных и адекватном описании процесса, реализуемого этим устройством. В данной работе рассматри-

ваются результаты исследований процессов смешения сыпучих материалов в новом смесителе барабанно-лопастного типа [1]. Смеситель включает горизонтальную емкость, выполненную в виде эластичных камер (покрышек), размещенных внутри цилиндрического корпуса, установленного на роликах, которые связаны с приводом вращения. Борты камер надрезаны и их фрагменты отогнуты поочередно в противоположных направлениях с образованием дополнительных рабочих элементов - лопастей, которые соединены с механизмом регулировки углов их наклона. Камеры сообщаются с патрубками загрузки и выгрузки компонентов смеси. В зависимости от числа камер смеситель может содержать одну и более ступеней. При исследованиях использовалась бесконтактная методика определения критерия качества смеси [2]. Ниже приводятся результаты исследования влияний концентрации смеси и коэффициента загрузки материалов на однородность получаемых составов. Известно, что одна из задач смешивания состоит в приготовлении качественных составов, имеющих концентрации компонентов 0,2-0,1 и менее. Зависимости коэффициента неоднородности от концентрации смеси, показанные на рис. 1, а), являются линейными и соответствуют известным результатам, полученным для барабанных смесителей, например, [3]. При этом следует отметить и существенную зависимость коэффициента V_c от расстояния L_p - от среза лопасти до исследуемого сечения материала, в котором устанавливалась прозрачная кольцевая перегородка, через которую, в соответствии с методикой [2], фиксировались и подвергались анализу изображения смеси.

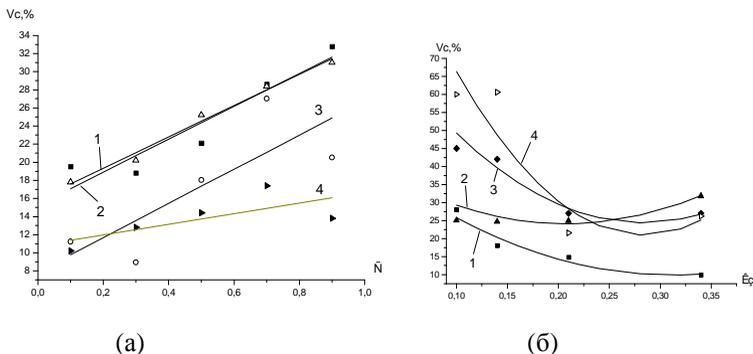


Рис. 1. Зависимость коэффициента неоднородности смеси (песок - манная крупа) от концентрации ключевого компонента (а) и от коэффициента загрузки при различных значениях концентрации (б) получаемой в одноступенчатом барабанно-лопастном смесителе

Ниже приведены линейные аппроксимации зависимостей коэффициента V_c смеси от концентрации ключевого компонента для различных значений L_p , где R – коэффициент корреляции.

$$L_p=0,01 \text{ м} - V_c=15,27-18,16c; R=0,943;$$

$$L_p=0,02 \text{ м} - V_c=15,87-17,3c; R=0,993;$$

$$L_p=0,06 \text{ м} - V_c=7,96-18,35c; R=0,8;$$

$$L_p=0,09 \text{ м} - V_c=10,77-5,9c; R=0,72.$$

Поскольку расстояние L_p определяет не только качество получаемой смеси, но и габариты смесителя, то полученные результаты могут быть использованы оптимальном проектировании.

Влияние коэффициента загрузки K_z на качество получаемой смеси показано на рис. 1, б). Здесь зависимости 1-4 получены при различных значениях концентрации c ключевого компонента (речного песка). Аппроксимации зависимостей коэффициента V_c от коэффициента загрузки K_z при различных значениях концентрации c , где R^2 – величина достоверности аппроксимации, а S_D стандартное отклонение.

$$1 - c=0,1 - V_c=44,42-222,1K_z+356,72 K_z^2; R^2=0,945; S_D=2,93.$$

$$2 - c=0,2 - V_c=43,28-184,9K_z+445,59K_z^2; R^2=0,916; S_D=1,8.$$

$$3 - c=0,3 - V_c=83,9-420,5K_z+742,62 K_z^2; R^2=0,973; S_D=3,05.$$

$$4 - c=0,5 - V_c=129,07-761,8K_z+1341,5K_z^2; R^2=0,831; S_D=15,05.$$

Эти зависимости свидетельствуют о существенном снижении качества смеси при уменьшении коэффициента загрузки смеси ниже 0.21-0.14. Это, по-видимому, связано как с уменьшением времени пребывания частиц в аппарате, так и со снижением циркуляции материала при малых K_z .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2618065. Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов. Оpubл. 02.05.2017. Бюл. № 13.
2. Пат.2385454. Российская Федерация. Способ определения качества компонентов, различающихся по цвету. Оpubл. 27.01.2010. Бюл. № 1.
3. Волков М..В. Метод расчета аппарата для приготовления смесей сыпучих материалов, склонных к сегрегации. Дисс. ... к. т. н. Ярославль: 2009. 153 с.

РАЗРАБОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ВХОДНОГО ПОТОКА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КАВИТАЦИИ В НАСОСНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработка делителя входного потока для снижения негативного влияния явления кавитации в насосах, приводящей к разрушению его основных деталей, а также уменьшению шумов и вибраций, что позволит повысить срок службы и межремонтные периоды насосов.

***Ключевые слова:** кавитация, насосы, лопатки рабочих колёс, схлопывание пузырьков газа.*

DEVELOPMENT RESULT OF THE INPUT CURRENT DIVIDER FOR PUMP COMPONENT CAVITATION REDUCING

D.S. Dolgin, I.S. Gudanov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Development result of the input current divider to reduce the negative effects of pump components cavitation which leads to the destruction of its main parts, as well as noise and vibrations reducing, that will increase the service life and pump interrepair time.

***Keywords:** cavitation, pumps, impeller blades, collapse of gas bubbles.*

Насосы нашли широкое применение практически во всех отраслях современной промышленности: химическая промышленность (сырьевые насосы, технологические насосы и т.д.), нефтедобывающая промышленность (насосы нефтепроводов), энергетика (насосы ТЭЦ), автомобильный транспорт (насосы систем водяного охлаждения) и др.

Однако несмотря на конструктивную проработанность насосного оборудования, проблема кавитационного разрушения его деталей решена не окончательно.

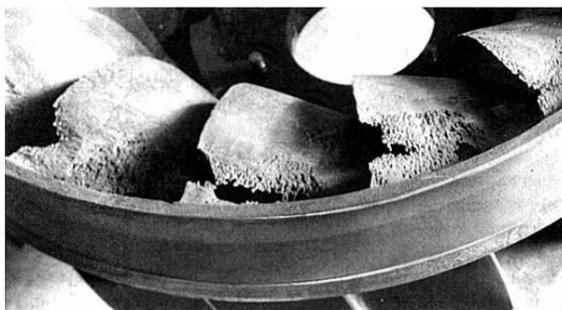


Рис. 1. Кавитационное разрушение лопаток рабочих колес насоса

На рис. 1 показан пример кавитационного износа лопастей центробежных насосов. Из данной фотографии следует, что разрушение иногда может носить катастрофический характер.

Наиболее подвержены кавитационному износу лопатки рабочих колес, процесс кавитации начинается в ее центральной части и перемещается к периферии.

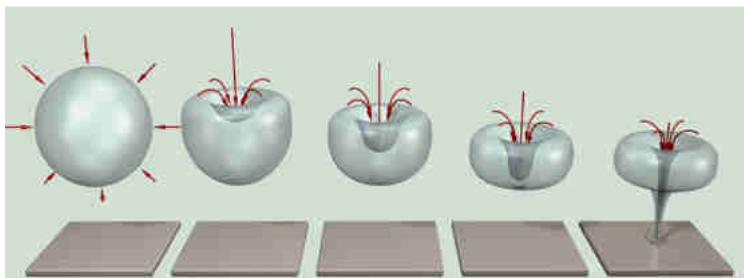


Рис. 2. Схлопывание пузырьков при кавитации

Кавитационное схлопывание пузырьков газа проиллюстрировано на рис. 2. Здесь видно как повышающееся давление сжимает пузырек и формируется направленная струя имеющая скорость до 2000 м/с, а в ее зоне давление может достигать 450 тыс. атмосфер.

С целью снижения кавитационного разрушения предлагается устанавливать на входе в насос делитель потока специальной формы, разбивающий входящий в насос поток на отдельные струи определенной формы и структуры. Это позволяет снизить, а в некоторых случаях сдвинуть в безопасную зону возникающий перепад давлений (место, где возникает кавитация). Такое решение проблемы позволяет без изменения конструк-

ции насоса (размещая на его входе предлагаемое в проекте устройство) повысить ресурс основных его деталей.

Для подтверждения эффективности предлагаемых в статье решений был проведен цикл исследований на компьютерных моделях.

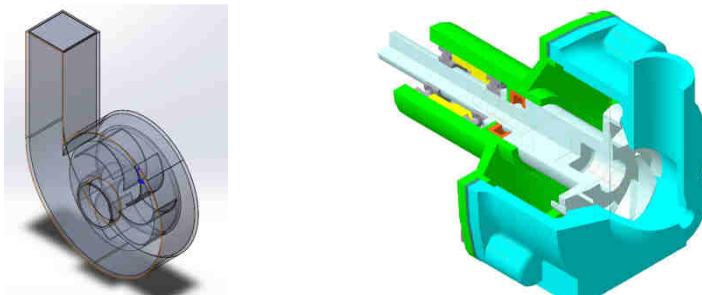


Рис. 3. 3д модель насоса центробежного типа

На рис. 3 показана 3д модель насоса центробежного типа, выполненная в программе Solidworks (flowsimulation).

Исследовалась гидродинамическая картина во внутренней полости.

Сначала было получено поле распределения давления в насосе без вставок (рис. 4).

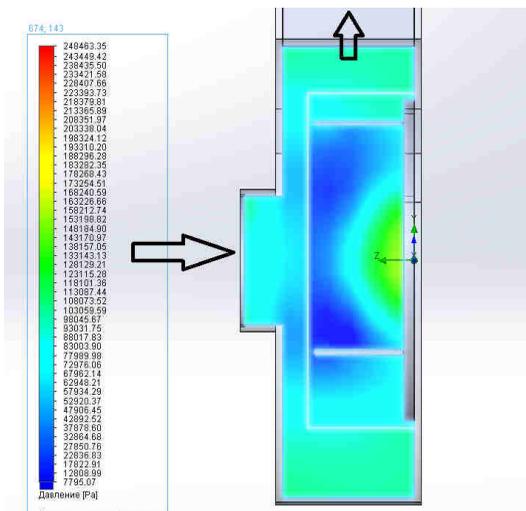


Рис. 4. Поле распределения давления в насосе без вставок

Здесь виден явно выраженный градиент давлений в центральной зоне колеса. Это место где будет интенсивное схлопывание газовых пузырей и кавитационное разрушение.

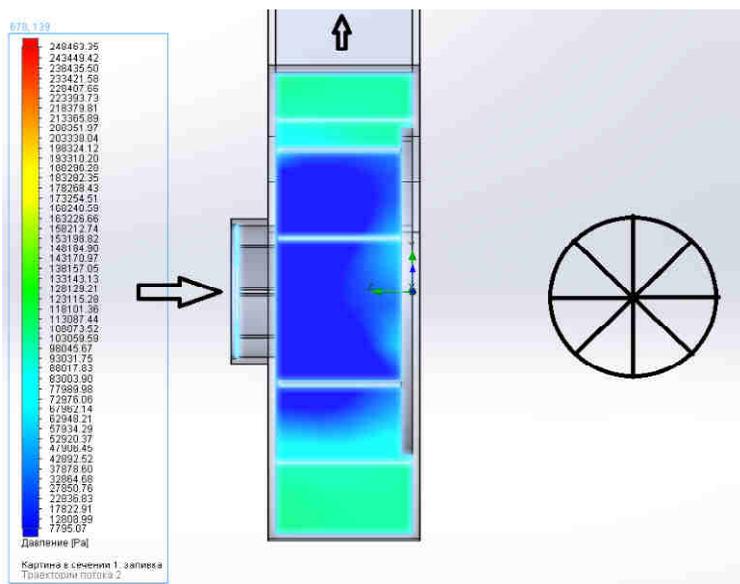


Рис. 5. Поле распределения давлений в насосе с вставкой

На рис. 5 приводится картина распределения давлений в насосе со вставкой. В этом случае перепад давлений на колесе становится более пологим и смещен в периферийную зону. Это практически предотвращает кавитацию, в том числе в зоне лопастей

Предлагаемое приспособление позволит практически не снижая гидравлического сопротивления насоса (на 2-3%) увеличить его ресурс на 40-50%, за счет снижения негативного воздействия кавитационного разрушения его деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Георгиевская Е.П.* Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней / Е.П. Георгиевская. Л.: Судостроение, 1978. 208 с.
2. *Лем В.П.* Способы уменьшения и предотвращения кавитации в грунтовых насосах // Вестник ЖезУ. Жезказган, 2009. № 1(17). С. 59-64.
3. *Карелин В. Я.* Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. Москва: Машиностроение, 1975. 336 с.

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГОЛОВОК ДЛЯ СОЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Получение многослойных тонких полимерных пленок путем соэкструзии при помощи формующих головок является актуальной задачей на сегодняшний день, так как многослойные пленки с различными физическими свойствами находят применение в различных отраслях промышленности.

***Ключевые слова:** соэкструзия, полимерные пленки, виды формующих головок.*

REVIEW OF MODERN CONDITION AND DEVELOPMENT TENDENCIES OF HEADS FOR CO-EXTRACTION OF POLYMERIC MATERIALS

D.S. Dolgin, I.S. Gudanov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Today the multilayer polymeric films production by co-extrusion using molding heads is an urgent task because these kinds of films with different physical properties are used in various industries.

***Keywords:** so-extrusion, polymer films, types of forming heads*

Полимерная пленка нашла применение в различных отраслях промышленности: в пищевой, строительной, сельскохозяйственной, автомобильной и других областях. В зависимости от назначения подбираются различные характеристики и типы данного материала.

Главным элементом экструдеров (машин для получения тонких пленок путем соэкструзии) является формующая головка. Рассмотрим, какие способы получения тонких пленок бывают.

Для получения пленки, экструзией с раздувом (от 3 до 30 слоев в один), применяются трубчатые соэкструзионные головки.

Один из видов таких головок – *многослойные спиральные головки* (рис. 1). Они представляют собой концентрические кольцевые каналы (один внутри другого) внутри круглой заготовки. Существенным недостатком таких головок является то, что геометрия определенного канала оптимальна только для одного полимера.

Другим видом для получения пленки экструзией с раздувом является *многотарельчатая листовая головка* (рис. 2). В этом виде головок каждый слой формируется и равномерно распределяется в своей тарелке. Затем тарелки накладываются друг на друга, а слои добавляются последовательно. Здесь количество и последовательность слоев у пленки можно регулировать путем изменения количества тарелок и меняя их места. Однако, чтобы закрепить тарелки между собой необходимо увеличивать их размеры, что приведет к увеличению длины каналов для подвода полимеров и перепадов температуры, что негативно скажется на термочувствительных полимерах.

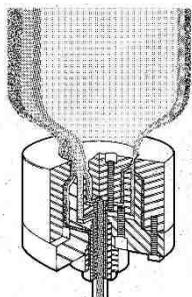


Рис. 1. Многослойная спиральная головка

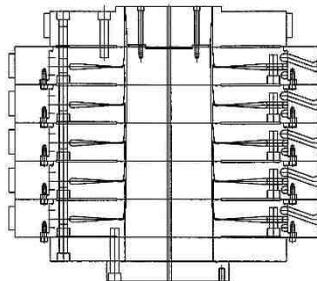


Рис. 2. Многотарельчатая листовая головка

Трубчатые соэкструзионные головки стоят дорого и сложны при разборке и чистки.

Щелевые и многощелевые головки используются для получения полимерных пленок толщиной более 250 мкм или для ламинирования других материалов, таких как картон, алюминиевая фольга, текстиль и др.

Данные виды головок рассматривать нет необходимости, так как получаемая в них пленка имеет большую толщину.

Для получения полимерных пленок также применяются мультиканальные головки. Для каждого слоя полимера в этой головке имеются индивидуальные каналы, выполненные отдельно друг от друга.

Формирование головки происходит путем комбинирования различных каналов. Толщина каждого слоя регулируется благодаря болтам, при помощи которых устанавливается ширина канала.

Применяются два вида комбинирования каналов: внешний и внутренний. При внешнем комбинировании применяется не более двух слоев пленки, так как две щели должны быть идеально отрегулированы. Подавляющее большинство мультиканальных головок является внутренними (рис. 3), поскольку лучшая адгезия между слоями полимеров достигается при более длительном тепловом контакте.

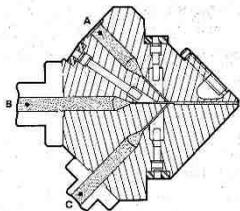


Рис. 3. Мультиканальная внутренняя головка

Основным преимуществом данных головок является то, что в них можно применять полимеры с очень разными вязкостями, так как каждый слой наносится независимо. Однако для получения пленки с заданной толщиной и большой шириной очень затруднительно и требует квалифицированной рабочей силы, так как в этом случае будет большое количество регулировочных болтов, что является существенным недостатком. Также часто слои составляют всего 1-2% от общей толщины пленки и следовательно процесс созэкструзии будет протекать с относительно низкой скоростью. А при большой ширине головки трудно получить однородную пленку при малой скорости экструзии.

Для получения полимерных пленок компания «The Dow Chemical Company» разработала и запатентовала головку с одноканальным питающим блоком.

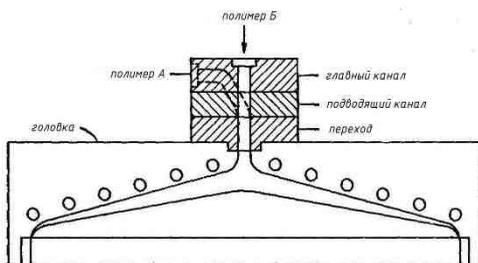


Рис. 4. Головка с одноканальным питающим блоком

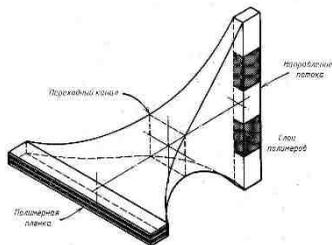


Рис. 5. Принцип созэкструзии в головках компании «The Dow Chemical Company»

Устройство такой головки и принцип распределения полимеров внутри головки представлен на рис. 5 и 6 соответственно.

К основным недостаткам такой конструкции относится то, что вязкость полимеров должна быть достаточно близка друг к другу, это необ-

ходимо для того, чтобы поток полимеров равномерно распределялся по сечению головки.

Полимеры с большим различием вязкости (100 и более) могут быть подвергнуты соэкструзии в головках с многоканальными питающими блоками.

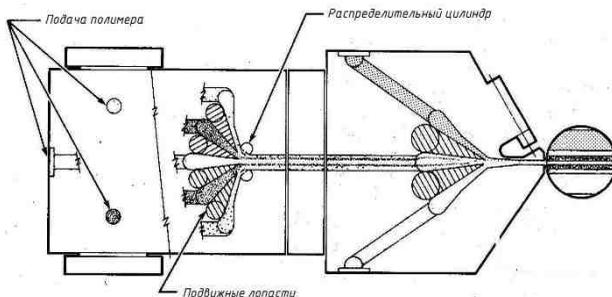


Рис. 6. Головка с многоканальным питающим блоком

Эта головка имеет подвижные лопасти, которые разделяют полимеры. Лопасты могут перемещаться для установления равновесия на основе скорости и вязкости потоков. В зоне смешения потоков устанавливаются распределительные цилиндры, позволяющие регулировать толщину пленки.

Таким образом, интерес для изучения представляет перенос положительного опыта регулирования толщины слоев в мультиплексных головках для выпуска профильных резиновых изделий на производство полимерных пленок, а также разработка новых способов межматериального регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dooley J. Viscoelastic flow effects in multilayer polymer extrusion* : Ph. D. Thesis / Dooley Joseph. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2002. 134 p.
2. *Хан Ч.Д. Реология в процессах переработки полимеров* / Ч.Д. Хан. М.: Химия, 1979. 366 с.
3. *Юрыгин П.П. Исследование стратифицированного течения резиновых смесей в дуплексных головках для выпуска заготовок кольцевого профиля: дис. ... канд. техн. наук; 05.17.08* / Юрыгин Павел Петрович. Ярославль, 2014. 164 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДА КАТАЛИЗАТОРА УСТАНОВКИ КАТКРЕКИНГА НПЗ

Я.В. Якимов, А.В. Проворов

Научный руководитель – **А.В. Проворов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится численное исследование движения потока катализатора в трубопроводе. Даются рекомендации по снижению износа стенок трубопровода.

Ключевые слова: численное моделирование, трубопровод, каталитический крекинг, катализатор.

THE PIPELINE WORK CATALYST INSTALLATION CATRACKING REFINERY RESEARCH

Ya.V. Yakimov, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – **A.V. Provorov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The movement of the catalyst flow in the pipeline numerical study is carried out. The recommendations how to reduce the wear of the pipeline walls are given

Keywords: numerical simulation, pipeline, catalytic cracking, catalyst.

При проведении реакции каталитического крекинга нефтепродуктов используется катализатор, который представляет собой мелкодисперсное порошкообразное вещество на основе алюмосиликатов. В процессе проведения реакции катализатор закоксуывается, что приводит к необходимости его восстановления или регенерации [1]. Катализатор перемещается от реактора к регенератору по стальному трубопроводу DN 1200 мм, футерованному изнутри.

Одна из проблем заключается в том, что частицы катализатора, движущиеся в потоке воздуха, вызывают эрозионный износ стенок трубопровода. Особенно интенсивный износ наблюдается в зонах изменения направления потока катализатора, в частности в отводах трубопровода.

На рис. 1 показана схема движения катализатора на переходном участке от прямой трубы к отводу.

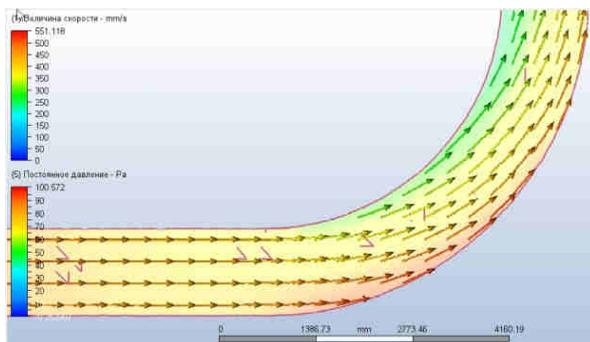


Рис. 1. Схема движения катализатора в отводе трубопровода

Частицы катализатора разгоняются на прямом участке трубопровода и вследствие действия сил инерции на криволинейном участке прижимаются к стенке по наружному радиусу отвода, где и возникает интенсивный износ. При этом в области наружного радиуса отвода давление потока возрастает, а на противоположной стороне отвода снижается (рис. 1).

Целью исследования являлось изучение движения потока катализатора в зоне отвода трубопровода и выдача рекомендаций по снижению эрозионного износа стенки трубопровода.

Известны и применяются на практике различные конструкции отводов. Так, существуют крутоизогнутые, сварные секционные, штамповарные и гнутые отводы. В трубопроводах катализатора широко применяются гнутые отводы [2], они имеют меньшее гидравлическое сопротивление и высокую надежность работы. Отводы выпускают с различным радиусомгиба, но не менее 2,5 ... 3,0 DN. Для исследования была выбрана именно эта конструкция отвода.

При исследовании использовались учебные версии САПР Autodesk Inventor- для трехмерного моделирования участков трубопровода и Autodesk CFD - для конечно-элементного анализа потока катализатора. Мелкодисперсный катализатор в смеси с воздухом, движущийся в трубопроводе и являющийся гетерогенной системой, был смоделирован в системе Autodesk CFD однородной несжимаемой жидкостью плотностью 0,45 г/см³, соответствующей плотности псевдооживленного катализатора, и вязкостью, равной вязкости воды. Это позволило в первом приближении

сравнить разные конструкции отводов трубопровода с точки зрения их эффективности работы.

Была построена модель участка трубопровода, включающая отвод внутренним диаметром $D = 1250$ мм и прилегающие участки длиной, равной величине диаметра. На рис. 2 даны обозначения конструктивных параметров и схема исследуемого участка трубопровода. Исследовалось влияние радиуса отвода R на распределение давлений по высоте сечения h и в разных сечениях по длине трубопровода. Положения сечений выбирались в соответствии с величиной угла α : -20° , 0° , 45° , 90° , 110° .

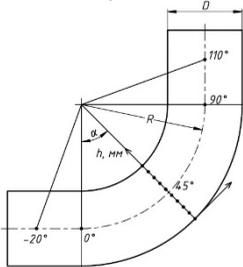


Рис. 2. Схема исследуемого участка трубопровода

На рис. 3 показано, что на входе и выходе из отвода давление по высоте сечения меняется незначительно, а в его средней части различие весьма существенно.

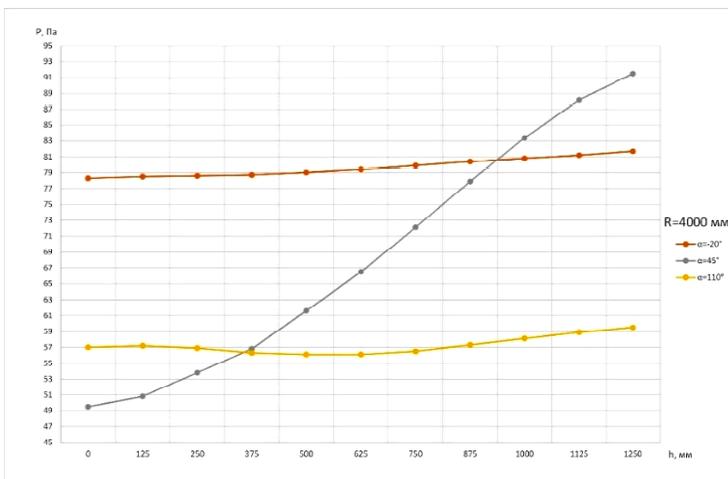


Рис. 3. Изменение давления по высоте сечения отвода

При радиусегиба отвода 4000 мм давление потока на наружную часть стенки отвода почти в два раза превышает давление на внутренней части отвода. Логично предположить, что эта разница (перепад) давлений связана с действием инерционных сил катализатора и износом стенки отвода: чем больше разность давлений, тем больше износ.

Исследовалось влияние радиусагиба отвода на перепад давлений по высоте сечения. Было получено, что при увеличении радиусагиба до 6000 мм перепад давлений резко снижается. При этом соотношение радиусагиба и диаметра отвода составит приблизительно 1 : 5.

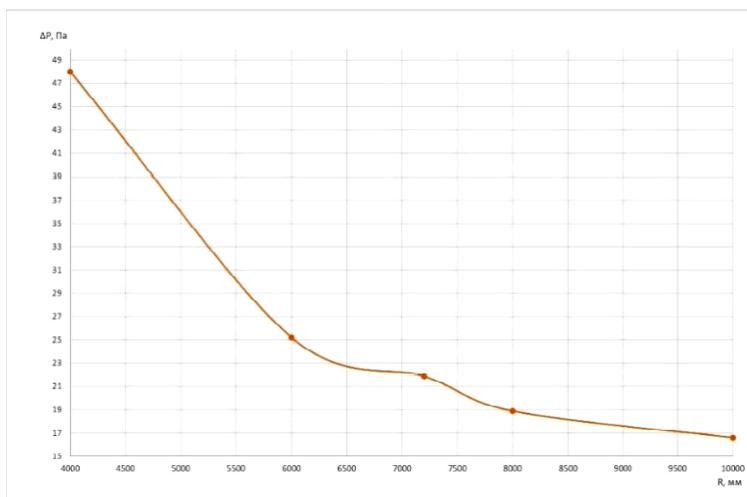


Рис. 4. Зависимость перепада давлений от радиусагиба

Полученное соотношение предварительно может быть рекомендовано для практического использования при проектировании трубопроводов. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении для других диаметров труб и скоростей течения материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимиров А.И.* Каталитический крекинг с кипящим (псевдоожигженным) слоем катализатора. Реакторно-регенераторный блок. М.: Нефть и газ, 1992. 47 с.
2. ГОСТ 24950-81. Отводы гнутые и вставки кривые на поворотах линейной части стальных магистральных трубопроводов. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СТЕРЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Н.В. Филиппов, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод определения упругих перемещений стержневой системы, основанный на применении принципа возможных перемещений.

***Ключевые слова:** принцип возможных перемещений, фиктивная сила, перемещение*

ESTIMATION OF ELASTIC DISPLACEMENT OF FRAMED STRUCTURE BY APPLYING THE VIRTUAL DISPLACEMENT PRINCIPLE

N.V. Filippov, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method of estimation of the elastic displacements of the framed structure based on the application of the virtual displacement principle is considered.

***Keywords:** the virtual displacement principle, fictitious force, displacement.*

Для определения малых перемещений твердого тела, прикрепленного упругими связями – стержнями, работающими на растяжение – сжатие, – воспользуемся принципом возможных перемещений, являющимся одним из основных постулатов теоретической механики. Согласно этому принципу равновесное состояние упругой системы характеризуется тем, что сумма работ всех внешних и внутренних сил на любых кинематически возможных перемещениях точек упругой системы равна нулю. Перемещения твердого тела могут быть следствием либо малого изменения

длин стержней, вызванного упругой деформацией под воздействием внешней нагрузки, либо температурным расширением при нагревании, либо отклонением реальных длин стержней от номинальных размеров. Требуется вычислить перемещение любой точки тела, если задана действующая на него нагрузка, известны изменения температуры каждого стержня ΔT_i^0 и отклонения длин стержней от номинальных размеров δ_{0i} :

$$\Delta_{Pk} = \sum_{i=1}^n \frac{R_{Pi} \bar{R}_i^1}{c_i} + \sum_{i=1}^n a_i l_i \Delta T_i^0 \bar{R}_i^1 + \sum_{i=1}^n \delta_{0i} \bar{R}_i^1. \quad (1)$$

Силы R_{Pi} представляют собой реакции стержней, вызываемые действием нагрузки, а \bar{R}_i^1 – реакция стержней от фиктивной силы $\bar{P} = 1$, приложенной в направлении искомого перемещения. Фиктивная сила производит на искомом перемещении работу со знаком плюс, если ее направление совпадает с направлением перемещения.

Задача: вычислить полное перемещение двухстержневого узла A , нагруженного силой P . Жесткость стержней равна $c_1 = 2c$, $c_2 = 3c$ (рис. 1, а).

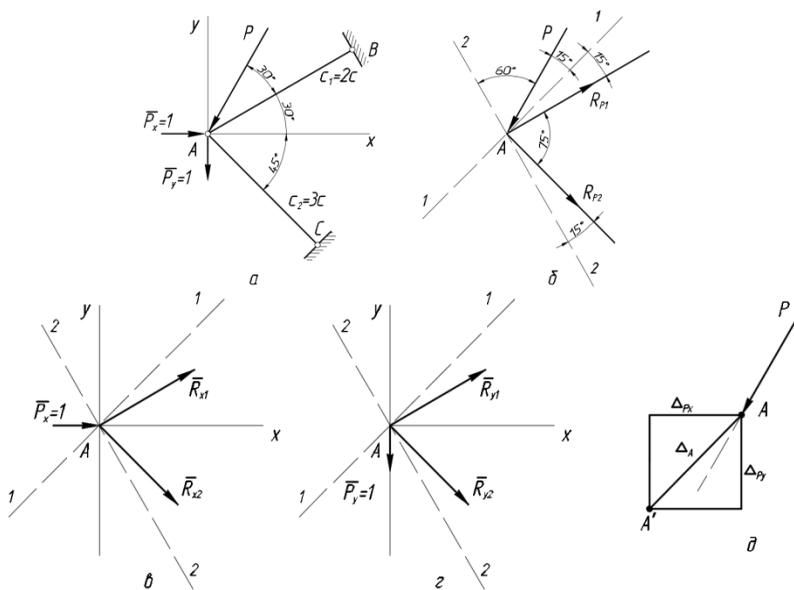


Рис. 1

В качестве возможных перемещений примем действительные перемещения узла A , возникающие вследствие удлинения стержней. По-

сколькx направление полного перемещения неизвестно, т.е. неизвестно, в каком направлении необходимо прикладывать фиктивную силу $\bar{P} = 1$, определим сначала проекции полного перемещения на какие-либо две произвольно выбранные оси, например, на оси x и y , изображенные на рис. 1, a . Для этого будем прикладывать поочередно фиктивную горизонтальную силу $\bar{P}_x = 1$ и фиктивную вертикальную силу $\bar{P}_y = 1$.

Вычислим реакции в стержнях узла A от действия заданной силы P . Составив проекции силы на оси $1 - 1$, перпендикулярную стержню AC , и $2 - 2$, перпендикулярную стержню AB , получим (рис.1, b)

$$\begin{aligned} R_{P1} \cos 15^\circ - P \cos 15^\circ &= 0; & R_{P1} &= P; \\ -R_{P2} \cos 15^\circ + P \cos 60^\circ &= 0; & R_{P2} &= -0,52P. \end{aligned}$$

Приложим к узлу A фиктивную силу $\bar{P}_x = 1$ и вычислим реакции стержней, используя уравнения проекций на те же оси $1 - 1$ и $2 - 2$. (рис.1, $в$)

$$\begin{aligned} \bar{R}_{x1} \cos 15^\circ + 1 \cdot \cos 45^\circ &= 0; & \bar{R}_{x1} &= -0,73; \\ \bar{R}_{x2} \cos 15^\circ + 1 \cdot \cos 60^\circ &= 0; & \bar{R}_{x2} &= -0,52. \end{aligned}$$

Горизонтальные перемещения вычисляем по (1) при $\Delta T_i^o = 0$ и $\delta_{0i} = 0$:

$$\Delta_{Px} = \frac{P(-0,73)}{2c} + \frac{-0,52P(-0,52)}{3c} = -0,455 \frac{P}{c}.$$

Знак минус говорит о том, что перемещение направлено против силы $\bar{P}_x = 1$, т.е. влево, а не вправо, как это показано на рис.1, a .

Приложим к узлу A силу $\bar{P}_y = 1$ и вычислим соответствующие реакции (рис. 1, $г$):

$$\begin{aligned} \bar{R}_{y1} \cos 15^\circ + 1 \cdot \cos 45^\circ &= 0; & \bar{R}_{y1} &= 0,73; \\ \bar{R}_{y2} \cos 15^\circ + 1 \cdot \cos 30^\circ &= 0; & \bar{R}_{y2} &= -0,897. \end{aligned}$$

Вертикальное перемещение узла равно

$$\Delta_{Py} = \frac{P \cdot 0,73}{2c} + \frac{-0,52P(-0,897)}{3c} = 0,505 \frac{P}{c}.$$

Направление перемещения совпадает с направлением силы \bar{P}_y , показанным на рис. 1, a , т.е. узел смещается вниз.

Полное перемещение Δ_A определяем как геометрическую сумму отрезков Δ_{Px} и Δ_{Py} (рис. 1, $д$):

$$\Delta_A = \sqrt{\Delta_{P_x}^2 + \Delta_{P_y}^2} = \sqrt{(-0,455 P/C)^2 + (0,505 P/C)^2} = 0,68 \frac{P}{C}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольмир А.С.* Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев, А.И. Станкевич. М.: Дрофа, 2007. 59 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Д.А. Грачев, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – **Н.В. Бадаева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены методы определения остаточных напряжений в материале.

***Ключевые слова:** остаточные напряжения, экспериментальные методы, механические методы, физические методы.*

EXPERIMENTAL METHODS OF DETERMINING RESIDUAL STRESSES

D.A. Grachev, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – **N.V. Badaeva**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Methods of determination of residual stresses in the material are considered.

***Keywords:** residual stresses, experimental methods, mechanical methods, physical methods.*

Остаточными называют напряжения, которые существуют в свободном от внешних нагрузок и воздействий теле. Образование остаточных напряжений связано с неоднородными объемными изменениями (деформациями материала по сечению детали), которые вызывают искажения кристаллической решетки. Такие напряжения являются следствием определенного технологического процесса производства деталей.

В зависимости от размера области, в которой возникают напряжения, различают остаточные напряжения первого, второго и третьего рода. Остаточные напряжения первого рода – микронапряжения. Эти напряжения уравниваются в границах областей, размеры которых соизмеримы с размерами тела. В плоскопараллельных слоях напряжения первого рода постоянны, они изменяются в направлении, перпендикулярном к поверхности. Напряжения второго рода, называемые микронапряжениями, занимают области, соизмеримые с объемом отдельных кристаллитов или групп кристаллитов. Они существуют в плоскостях скольжения и

среди блоков мозаичной структуры. Остаточные напряжения третьего рода изменяются в субмикроскопических областях. Они уравниваются в небольших группах атомов, лежащих на границах блоков мозаичной структуры в плоскостях скольжения.

В одних случаях остаточные напряжения настолько малы, что ими можно пренебречь, а в других случаях взаимодействие остаточных напряжений с внешними силами или температурой могут быть причиной техногенных аварий и разрушений, надежных на первый взгляд конструкций.

Существуют расчетные и экспериментальные методы для исследования остаточных напряжений, чаще применяют экспериментальные. Экспериментальные методы обычно разделяют на механические и физические.

Механические методы основаны на принципе упругой разгрузки объема металла при его освобождении от остаточных напряжений путем разрезки. Измеряя деформации, возникающие при разрезании, можно вычислить остаточные напряжения по формулам теории упругости. Физические методы основаны на изменении физических свойств материалов в зависимости от степени упругого деформирования под влиянием остаточных напряжений.

Ультразвуковой метод основывается на зависимости скорости распространения ультразвуковой волны от напряженного состояния. Это неразрушающий метод, что позволяет применять его при исследовании ответственных конструкций. Неоднородность механических свойств оказывает существенное влияние на скорость упругих волн, что ограничивает применение метода в сварных конструкциях.

Электромагнитный метод базируется на зависимости между магнитными свойствами металла и величиной действующих в данном объеме остаточных напряжений. Метод пригоден для измерения остаточных напряжений только в образцах из металлов и сплавов, обладающих магнитными свойствами. Наиболее целесообразно его применение для оперативного контроля (оценки) изменения остаточных напряжений.

Метод хрупких покрытий дает возможность наблюдать напряженное состояние в изделии. На поверхность исследуемого объекта наносят специальный лак, дающий после высыхания очень хрупкое покрытие, прочно соединенное с изделием. В процессе исследования фиксируется направление и длина трещин, расстояние между смежными трещинами. Чувствительность лака определяется предварительной тарировкой. Трещины в лаке возникают лишь в результате растягивающих напряжений, поэтому для исследования сжимающих напряжений изделие подвергается предварительному сжатию. Трещины возникают при разгрузке из

деля. В местах появления первых трещин имеется наибольшее напряжение в поверхностном слое.

Метод твердости основан на изменении твердости под воздействием остаточных напряжений. Позволяет без разрушения детали определять сравнительное изменение величины остаточных напряжений в поверхностном слое материала. Можно оценить уровень и знак напряжений по разности твердостей исследуемого изделия и эталонного образца, в котором заведомо отсутствуют остаточные напряжения.

Рентгеновский метод основан на явлении дифракции рентгеновских лучей при прохождении через кристаллическую решетку. Преимуществом рентгеновского метода является то, что он позволяет достоверно оценить остаточные напряжения II и III рода в поверхностном слое детали без ее разрушения. Но при определении остаточных напряжений I рода точность метода невелика. Метод позволяет определять напряжения в деталях сложной геометрической формы, неограниченных размеров, исследовать напряжения на весьма малых участках поверхности образца, измерять градиенты напряжений, определять мгновенные напряжения в деталях, подвергающихся периодическим нагрузкам. Недостатками метода являются его пониженная точность при работе с сильнодеформируемыми и крупнозернистыми материалами, невозможность одновременного измерения в нескольких точках. Значительное влияние на результат может оказать состояние поверхностного слоя (влияние шлифовки, образование окалины,ковки, прокатки, коррозии).

Каждый из описанных выше методов имеет свои достоинства и недостатки. Наиболее достоверны механические методы. Однако они требуют «разрушения» или нарушения целостности конструкции. Кроме того, механические методы измеряют конкретные значения напряжений в конкретной области. Определение полей напряжений с различными величинами в зависимости от координаты требует проведение целого ряда измерений. Физические методы позволяют «визуализировать» поле напряжений. Они не требуют разрушения конструкции. Однако при их применении необходимы образцы - эталоны, сделанные из того же материала, но свободные от остаточных напряжений. Без них результаты измерений могут быть интерпретированы некорректно.

При исследовании остаточных напряжений эффективно комплексное использование различных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров А.В.* Соппротивление материалов / А.В. Аллександров, В.Д. Потопов, Б.П. Державин. М.: Высш. школа, 1995. 346 с.

О РАЗВИТИИ ТЕОРИИ ИЗГИБА

А.С. Кеворкян, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – **Н.В. Бадаева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается история развития теории изгиба.

Ключевые слова: изгиб, балка, расчет на прочность, напряжения, деформации.

ABOUT THE BENDING MOMENT THEORY EVOLUTION

A.S. Kevorkyan, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – **N.V. Badaeva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The history of development of the theory of bending is considered.

Keywords: bending, beam, calculation for strength, stress, deformation.

Изгиб является наиболее распространенным способом деформации, а балка, стержень, работающий на изгиб, во многих конструкциях является основным элементом сооружений и машин, расчет которого – популярная инженерная задача.

Начало формированию теории изгиба ещё в XVII веке положил Галилео Галилей, поставив вопрос о прочности стержней и балок при изгибе. Галилей был первым, кто обосновал необходимость применения аналитических методов расчета взамен эмпирических правил, он же ввёл понятие напряжения.

Многие из рассуждений Галилея представляют собой наброски законов, которые были открыты намного позднее. Однако ему был неизвестен закон Гука, связывающий напряжения и деформации, в результате чего Галилей не мог дать правильного решения статически неопределимой задачи изгиба стержня.

Чтобы решить данную задачу, Галилей допустил, что в поперечном сечении эпюра напряжений будет иметь вид прямоугольника, что означает равномерное распределение внутренних сил в поперечном сечении изогнутой консольной балки. Галилей не учёл, что при изгибе стержня внутренние силы распределены неравномерно, так как часть волокон сжата, а часть – растянута. Дальнейшие его рассуждения базируются на том, что принятое им распределение напряжений будет сохраняться до разрушения. Из условия равновесия в момент разрушения освобожденной от заделки балки Галилей определил разрушающую нагрузку.

В 1660 году Робертом Гуком был сформулирован закон, связывающий деформации и приложенную силу – закон Гука. Спустя 20 лет, в 1680 г., французский физик и механик Эдм Мариотт независимо от Гука открыл закон прямой пропорциональности удлинений растянутого образца от приложенной силы и распространил его на случай изгиба. Однако это ему удалось не сразу. Сначала Мариотт, как и Галилей, предполагал, что все волокна балки растянуты. Однако он считал, что эпюра напряжений в поперечном сечении является треугольником, закон изменения внутренних сил в поперечном сечении линейный, и нейтральная линия проходит через нижние точки поперечного сечения.

Такую же треугольную эпюру напряжений принимали Г.Лейбниц и П.Вариньон.

В дальнейшем Эдм Мариотт исправил ошибку Галилея, приняв другой закон распределения напряжений при изгибе, и поместил нулевую точку в середине высоты сечения, признав тем самым наличие сжатых волокон. Однако он допустил ошибку и посчитал, что на момент сопротивления балки это влияния не оказывает: при подсчете разрушающей силы он умножил на плечо не величину указанных сил, а удвоенную величину, в результате чего по-прежнему пришел к полученному им ранее соотношению.

В 1702 году Пьер Вариньон получил формулы Галилея и Мариотта как частные случаи своей теории, поместив при этом нейтральную линию также на вогнутой стороне балки.

В следующем году швейцарский математик Я. Бернулли поставил задачу о вычислении прогибов. Он применил к исследованию упругой линии изогнутой полосы (он называл брус полосой) исчисление бесконечно малых и получил уравнение изгиба стержня. В 1705 году Яков Бернулли учёл наличие сжатых волокон на вогнутой стороне, однако повторил ошибку Мариотта, с работами которого не был знаком. На основании своего ошибочного расчета он вывел неверную теорему о том, что положение нейтральной линии не оказывает никакого влияния на сопротивление изгибу, чем, благодаря своему колоссальному авторитету, задержал развитие учения об изгибе на целое столетие.

Первое правильное решение задачи о прочности балки при изгибе было дано французским военным инженером Антуаном Параном в 1713 году. В первой работе он обратил внимание на то, что результат, полученный Мариоттом, справедлив только для балок прямоугольного поперечного сечения. Во второй работе Паран принял второй вариант эпюры Мариотта в виде двух треугольников и получил правильное выражение для моментов сопротивления изгибу.

Однако работы Парана остались незамеченными современниками. Исследование Парана повторил в 1729 году петербургский академик Георг Бернгард Бюльфингер, но и его работа тоже осталась незамеченной. Только в 1773 году Шарль Кулон, незнакомый с работами Парана, повторил решение задачи об изгибе балки, но заблуждения ещё долго продолжали повторяться.

Наконец, в 1824 году Анри Навье дал правильное решение задачи об изгибе балки произвольного поперечного сечения и опубликовал его в 1826 году. Таким образом, решение данной задачи заняло 188 лет, если считать от первой работы Галилея.

В 1855 году Дмитрием Ивановичем Журавским было дано приближенное решение задачи определения касательных напряжений при поперечном изгибе балок.

Решение задач чистого и поперечного изгиба стержня методами теории упругости дано Барре де Сен-Венаном в 1856 г. Он показал, что напряженное состояние всех точек стержня одноосное, то есть при чистом изгибе стержня поперечные сечения его остаются плоскими, а продольные волокна балки не взаимодействуют друг с другом. Для этой же задачи Сен-Венан указал на распределение касательных напряжений для различных поперечных сечений, удовлетворяющее всем уравнениям теории упругости. Сен-Венан высоко оценил исследования Журавского, доказательство этому – хорошее согласование результатов точного (Сен-Венана) и приближенного (Журавского) решений для прямоугольного поперечного сечения.

Спустя четыре года Сен-Венаном были получены условия совместности деформаций. Он также ввел принцип, в соответствии с которым уравновешенная система сил, приложенная к некоторой части твёрдого тела, вызывает в нём появление неравномерности распределения напряжений, которая быстро уменьшается по мере удаления от этой части, – принцип Сен-Венана.

Таким образом, Сен-Венаном методами теории упругости была решена одна из важнейших задач механики – изгиб стержня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боголюбов А.Н.* Математики и механики. Киев: Наукова думка, 1983. 639 с.
2. *Григолюк Э.И.* С.П. Тимошенко и его работы в области устойчивости деформи-

- руемых систем // С. П. Тимошенко. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. М.: Наука, 1971. С. 731-800.
3. *Космодемьянский А. А.* Очерки по истории механики. М.: Наука, 1982. 294 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

Ю.А. Котов, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – **Н.В. Бадаева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается влияние различных температур на прочность бетона.

Ключевые слова: прочность бетона, температура.

THE ACTION OF TEMPERATURE ON THE CONCRETE STRENGTH

Yu.A. Kotov, N.V. Badaeva

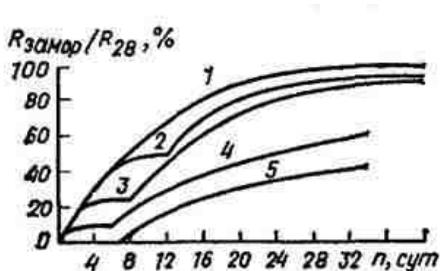
Scientific Supervisor – **N.V. Badaeva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The different temperatures action on the concrete strength is considered.

Keywords: concrete strength, temperature

Бетон – строительный материал, полученный в результате смешивания в определенных пропорциях вяжущего вещества (цемента), воды, крупных и мелких заполнителей. Вяжущее вещество и вода являются активными составляющими и участвуют в химической реакции – гидратации, а мелкие и крупные заполнители играют роль жесткого скелета бетона, уменьшая его просадку. Нормальной температурой среды для твердения бетона считается 15-20 °С. При пониженной температуре прочность нарастает медленнее, и бетон дольше достигает максимальной прочности (табл. 1). Если поместить только что замешанный бетон в среду с температурой ниже 0 °С, то он заметно теряет свою прочность после оттаивания. Чем раньше поместить бетон в среду с отрицательной температурой, тем меньше его прочность (рис. 1).



- 1 - бетон незамороженный;
- 2 - бетон, замороженный в возрасте 7 сут;
- 3 - То же, 1 сут;
- 4 - То же, 1 сут;
- 5 - То же, 6 часов

Рис. 1. Зависимость относительной прочности бетона от возраста бетона в момент замораживания

Таблица 1. Относительная прочность бетона в разные сроки твердения при различных температурах

Сроки твердения бетона, сут	Средняя температура твердения, °С				
	5	10	15	25	35
	Относительная прочность бетона (за единицу принята прочность 28-дневного бетона, твердеющего при 15 °С)				
3	0.15	0.2	0.3	0.37	0.45
5	0.25	0.32	0.45	0.54	0.6
7	0.35	0.44	0.6	0.7	0.72
10	0.45	0.52	0.7	0.77	0.77
15	0.55	0.65	0.8	0.85	0.85
28	0.8	0.92	1	1.05	-

Свежий бетон насыщен водой, которая в результате замерзания расширяется и разрывает большинство связей между цементным камнем и заполнителями, поэтому необходимо дать бетону достичь минимальной прочности, чтобы противостоять давлению льда (табл. 2).

Таблица 2. Минимальная прочность бетона к моменту его замораживания

Марка бетона	Минимальная прочность, не менее		Примерное время выдерживания бетона на портландцементе при 15-20 °С, сут
	% от R	МПа	
M100	60	5	5-7
M200	40	7	3-5
M300	35	10	2-2.5
M400	30	12	1.5-2
M500	25	12.5	1-2

В железобетоне при пониженной температуре также теряется сцепление между стальной арматурой и бетоном, что в результате снижает его прочность. Для предотвращения замерзания бетона применяют специальные меры.

Нормальной температурой среды для твердения бетона считается 15-20 °С и чем выше температура, тем выше прочность (рис. 2).

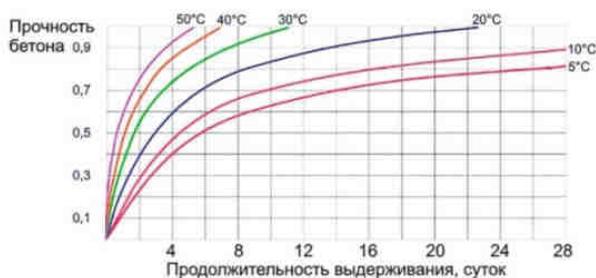


Рис. 2. Зависимость прочности бетона от продолжительности выдерживания

При повышенных температурах бетон твердеет быстрее, чем при нормальных условиях влажной среды (рис. 2). При высоких температурах бетон трудно предохранить от быстрого высыхания, нагревать его выше 80 °С нельзя. Если температура выше допустимой, то начинается интенсивное испарение воды, в результате чего образуется большое количество незаполненных пор, снижается плотность бетона и как следствие резко ухудшаются его прочностные показатели. Бетон, который изготовили при оптимальной температуре 4,4 °С, в течение месяца хранили при низкой температуре (-3,9 °С), а затем при температуре 23,9 °С на протяжении трех месяцев является более прочным, чем такой же бетон, хранившийся при неизменной температуре 23,9 °С. В тропических странах прочность бетона снижается. Экспериментальные исследования показали, что в жарких и сухих условиях, например в пустыне, при 30 °С, прочность бетона уменьшается до критических значений. Поэтому в странах с жарким климатом используют некоторые приемы для увеличения прочности бетона. Накрывают бетон защитными пленками для предотвращения быстрого испарения влаги, используют быстротвердеющий цемент, марка которого в 1,5-2 раза превышает рекомендованную, добавляют в готовый раствор пластифицирующие добавки или вещества, замедляющие процесс твердения, работают в утреннее, вечернее и ночное время, когда температура воздуха не поднимается выше + 20 °С.

Воздействия высоких температур на готовые изделия из бетона, также оказывает негативное влияние, прочность бетона снижается. Это заметно уже при нагреве до 200-300 °С, свыше 300 °С происходят изменения, приобретающие необратимый характер. Прочность уменьшается в 2 раза при нагреве до 400 °С и в 3 раза – до 500 °С. Увеличение деформативности и уменьшение модуля упругости бетона, также являются последствием воздействия высоких температур. Таким образом, при высокой температуре прочность бетона на растяжение значительно понижается и при 600 °С, а может быть даже между 450 и 600 °С фактически сводится к нулю.

Строительные нормы требуют от огнестойких конструкций сопротивления температуре в 1000 °С в течение 3 час. Бетон не в состоянии выдержать таких температур, так как при высоких температурах цементный раствор теряет гидратную воду, вяжущая сила цемента уничтожается и бетон распадается вследствие разных коэффициентов линейного расширения отдельных камневидных составляющих. Поэтому, если необходим бетон в критически жарких условиях, то используется специальный жаростойкий бетон со специальными добавками или другие специальные мероприятия. Обычный же бетон начинает плавиться при температуре около 1200 °С, также чаще всего по цвету бетона в горящем сооружении определяют температуру пламени пожара, например, при 300 °С камень приобретает розоватый цвет, при 400-600 °С красный, а при более высоких бледно-серый. Разрушение бетона при горении носит, как правило, спокойный характер. Коэффициент расширения входящих в него наполнителей находится в широком диапазоне, вследствие чего сцепление щебня или гравия с цементным порошком разрушается постепенно, начиная с отметки в +300 °С. Если нагрев продолжается, в структуре монолита возникают трещины, которые постепенно расширяются вплоть до потери конструкцией целостности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчаков Г.И. Строительные материалы: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОАБРАЗИВНОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ВАНАДИЯ

Е.А. Ковалевский, Л.Е. Сергеев, Е.В. Сенчуров

Научные руководители – **Л.Е. Сергеев**, канд. техн. наук, доцент; **Е.В. Сенчуров**, начальник отдела внедрения научно-технических разработок

Белорусский государственный аграрный технический университет

Предложен новый вид ферроабразивного порошка на основе оксида ванадия, полученный методом литья и распыления, определены режимы магнитно-абразивной обработки для достижения высокой производительности.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок.

EFFICIENCY UPGRADING OF MAGNETIC ABRASIVE PROCESSING UTILYSINF FERRO-ABRASIVE POWDER BASED ON VANADIUM OXIDE

E.A. Kovalevsky, L.E. Sergeev, E.V. Senchurov

Scientific Supervisors – **L.E. Sergeev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **E.V. Senchurov**, Head of the Department of the introduction of scientific and technical developments

Belarusian State Agrarian Technical University

A new type of ferro-abrasive powder based on vanadium oxide, obtained by the method of casting and spraying is proposed, magnetic-abrasive machining modes are defined to achieve high productivity.

Keywords: magnetic abrasive treatment, ferro-abrasive powder.

Гидроцилиндры широко применяют в гидросистемах как источники привода рабочих органов мобильных машин и исполнительных механизмов промышленного оборудования. В гидросистеме с одним, реже – с

двумя насосами может быть установлено до 6...10 гидроцилиндров, а в некоторых случаях в два или даже в три раза больше. По функциональным признакам гидроцилиндры – это объемные гидродвигатели, предназначенные для преобразования энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена с возвратно-поступательным движением. Причем подвижным звеном может выступать как шток, так и корпус (гильза) гидроцилиндра.

Без специального технологического оборудования для чистовой расточки и раскатки внутренней поверхности гильз, шлифования и полирования штоков, обеспечивающего параметры шероховатости по ГОСТ 2789–73 рабочих уплотняемых поверхностей штоков и гильз гидроцилиндров, а также хромирования наружной поверхности штоков путем электролитического нанесения пленки толщиной 20...30 мкм невозможно изготовить коррозионно- и износостойкие штоки. Высота неровностей наружной рабочей поверхности штока после хромирования и полирования должна соответствовать быть не более Ra 0,160 мкм, рабочей поверхности гильзы гидроцилиндра – Ra 0,320 мкм по ГОСТ 2789–73.

В условиях крупносерийного и массового производства получение наружных цилиндрических поверхностей с шероховатостью Ra 0,4...0,1 мкм обеспечивается на станках для суперфинишированием. Однако относительно низкая производительность и высокая стоимость абразивного инструмента, в том числе и алмазного, являются недостатками процесса суперфиниширования и ограничивает его применение.

В условиях серийного и индивидуального производства наибольшее распространение получила машинно-ручная и ручная доводка и полировка при помощи наждачной бумаги типа Л1Э620×50П215А25-НМА ГОСТ 6456-82 622 или войлочных кругов с различными пастами. Эти технологические процессы не обеспечивают достаточно высокой производительности и стабильности шероховатости обрабатываемой поверхности и, кроме того, не поддаются автоматизации. Это приводит к необходимости поиска новых методов финишной обработки штоков гидроцилиндров и их использования для обработки как хромированных поверхностей, так и поверхностей под хромирование.

Одним из новых методов финишной обработки деталей машин является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1, 2]. Метод позволяет получать на закаленных цилиндрических наружных поверхностях шероховатость Ra 0,05...0,63 мкм с высокой производительностью. Контур режущего инструмента (ферроабразивная щетка) в зазоре между обрабатываемой поверхностью и полюсным кончиком электромагнита формируется из ферроабразивного порошка (ФАП) силами магнитного поля при наличии смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС). Поскольку ФАП находится в подвижно скоординированном со-

стоянии, это позволяет управлять жесткостью режущего инструмента, путем регулирования величины магнитной индукции. Установлено, что на качество обработанной поверхности существенное влияние оказывает форма частиц ФАП, материал и состояние режущих кромок порошка.

Такую геометрическую форму частицам ФАП можно придать с помощью технологии литья и присутствием в составе ФАП вязких компонентов, например, ванадия, который является пластичным металлом. При введении ванадия повышаются прочность, вязкость и износостойчивость стали. Однако необходимо учитывать соотношение компонентов, входящих в состав ФАП. Поскольку композиционные ФАП имеют сложную структуру (ферромагнитная матрица и твёрдый абразивнесущий поверхностный слой), то от его химического состава зависят технологические, эксплуатационные свойства порошка. Так, например, при добавлении в наплавочный порошок феррованадия установлено [3], что максимальная абразивная износостойкость ФАП обеспечивается введением в наплавочный порошок до 10% масс феррованадия, а увеличение массовой доли более 10% снижает качество ФАП по параметрам фазового состава и напряжённо деформированного состояния покрытий. На основании проведенного анализа разработаны составы ФАП с содержанием ванадия 4, 6, 8 % (таблица), которые изготовлены по технологии (рис.): в индукционной сталеплавильной печи выплавляется сплав железа, углерода, ванадия. Струя расплава диспергируется водой высокого давления, и на поверхности частиц образуется пленка оксидов ванадия. Установка представляет собой индукционную сталеплавильную печь (ёмкость 160 кг) с кислой футеровкой и используется для выплавки отходов малоуглеродистой стали, графита и феррованадия. Контроль температуры производится оптическим пирометром. Подготовленный к распылению расплав переливали в предварительно нагретый футерованный шамотными изделиями металлоприемник, в котором имеются отверстия 8-10 мм, через которые расплав поступает в зону распыления. Грануляция струи расплава производится водой, которая из водяного насоса (р = 80 атм) поступает в форсунку. В результате грануляции образуется порошок, который накапливается в его сборнике.

Состав ФАП

Компоненты ФАП	Массовая доля компонентов, %		
	Углерод	0,75	0,75
Ванадий	4	6	8
Железо	остальное		



Схема производства ФАП

С целью оптимизации режимов МАО с использованием ФАП с добавками ванадия выполнено экспериментальное исследование зависимости производительности МАО G , мг/мин от режимов обработки и содержания ванадия в абразивном порошке. В результате проведенных исследований разработан ФАП для МАО на основе оксидов ванадия и по результатам оптимизации можно заключить, что для достижения максимальной производительности $G = 17,1 \pm 0,7$ мг/мин необходимо обеспечить следующие режимы МАО: $v_p = 0,99$ м/с, $v_{\text{осц}} = 0,09$ м/с, $B = 1$ Тл, при содержании ванадия в ФАПВ = 4%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожуро Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов; под ред. Н.Н. Подлекарева. Минск: Наука и техника, 1995.
2. Беляев А.А. и др. Влияние струйно-абразивной и магнитно-абразивной обработок на состояние рабочих поверхностей и режущих кромок сверл из быстрорежущей стали // Вестник двигателестроения. 2007. № 2. С. 90-94.
3. Иванова Е.А. Структура и свойства износостойких электроннолучевых покрытий на основе азотистых твердых растворов: автореф. дис...канд. техн. наук / Е.А. Иванова; Томский политехнический университет. Томск, 2009.

ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ И ПОДБОР СЕЧЕНИЯ БАЛОК

В.Р. Кузьмичев, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Определение размеров сечений балок из условий прочности. Рассматриваются основные методы проверки прочности балок и подбора сечений нестандартной формы

Ключевые слова: прочность, сечение, балка.

BEAMS STRENGTH AND DIMENSIONING TEST

V.R. Kuzmichev, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The beams dimensions by strength condition is estimated. The main methods of checking the beams strength and non-standard shape dimensioning are considered.

Keywords: strength, cross-section, beam.

Балками называются конструкции сплошного сечения, длина которых значительно превышает размеры сечения. Балки работают на изгиб. Их применяют в конструкциях зданий, мостах, эстакадах и др. Наиболее рациональным является принимать сплошные балки при пролетах до 20 м.

Балка в целом должна быть проверена по жесткости и общей устойчивости; характерные сечения балки - по прочности; элементы балки - по местной устойчивости.

Известный факт, что нормальные напряжения при изгибе балок оказывают значительно большее влияние, чем касательные, поэтому проверка прочности балок и определение размеров сечения ведутся по нормальным напряжениям.

Наибольшие нормальные напряжения в опасном сечении балки не должны превышать допускаемого напряжения $[\sigma]$. Из этого следует условие прочности

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_z} y_{\max} \leq [\sigma]. \quad (1)$$

Отношение $W_z = I_z / y_{\max}$ принято называть *моментом сопротивления изгибу* и записывать условие прочности в виде

$$\frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (2)$$

У балки переменного сечения опасным может оказаться не то сечение, в котором действует наибольший изгибающий момент, а сечение с малым моментом сопротивления. Проверяя прочность этого сечения, подставляя в формулу выше значение изгибающего момента, действующего в данном сечении. Условие (1) позволяет проверить, достаточно ли прочна балка с заданными размерами сечения, если известны нагрузка и допускаемая напряжение для материала.

Возможно также использовать условия прочности (1), чтобы определить потребный момент сопротивления W_z , по которому можно подобрать размеры сечения, если задана его форма:

$$W_{\text{потр}} \geq \frac{M}{[\sigma]}.$$

В общем случае, когда центр тяжести площади сечения не лежит посередине его высоты, расстояние y_{\max} до наиболее растянутых и наиболее сжатых слоев балки будут различны. Кроме того, допускаемые напряжения на растяжение и на сжатие также могут оказаться разными. Тогда условие (1) или (2) придется применять дважды, проверяя прочность и сжатых и растянутых слоев. Таким образом, при подборе сечения имеем два значения момента сопротивления:

$$W_1 \geq \frac{M}{[\sigma]_{\text{сж}}}, \quad W_2 \geq \frac{M}{[\sigma]_p}.$$

Для балки выбираются наибольшие размеры сечения, получаемые значения W_1 и W_2 .

Особенно простым оказывается подбор стандартных профилей, моменты сопротивления которых указаны в таблице сортамента. Вычислим моменты сопротивления для некоторых сечений.

Момент сопротивления прямоугольной балки шириной $b=5a$ высотой $h=8a$, определяющий ее прочность, равен

$$W_1 = \frac{bh^2}{6} = \frac{5a \cdot 64a^2}{6} = \frac{160}{3}a^3.$$

Вес балки пропорционален площади сечения: $F_1=40a^2$. Вырежем из прямоугольника часть площади около нейтрального слоя так, чтобы образовалось сечение в виде двутавра или коробчатое сечение. В обоих случаях оставшаяся площадь сечения, заштрихованная на рис. 1, одинакова. Она равна $F_2=16a^2$.

Полученное таким способом облегчение балки определяется отношением $\frac{F_1}{F_2} = \frac{40a^2}{16a^2} = 2,5$.

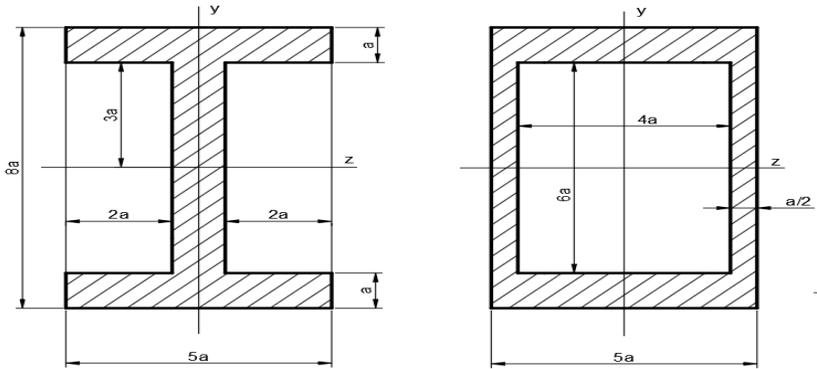


Рис. 1

Оценим потери прочности балки в результате выреза. Для обоих типов сечения, полученных после облегчения, моменты сопротивления изгибу одинаковы:

$$W_2 = \frac{I_2}{y_{\max}} = \left(\frac{5a(8a)^3}{12} - \frac{4a(6a)^3}{12} \right) \frac{1}{4a} = \frac{106}{3}a^3.$$

Отношение моментов сопротивления сплошного сечения и сечения с вырезом составляет

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{160}{3}a^3 \right) : \left(\frac{106}{3}a^3 \right) = 1,5.$$

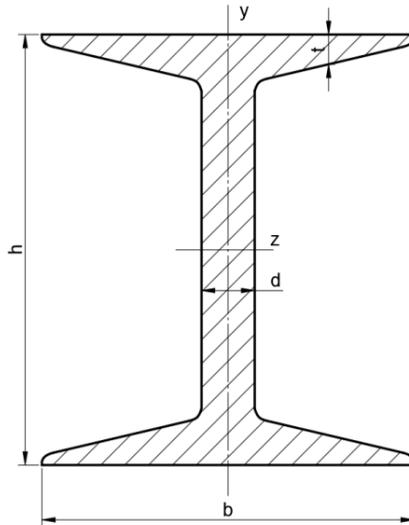


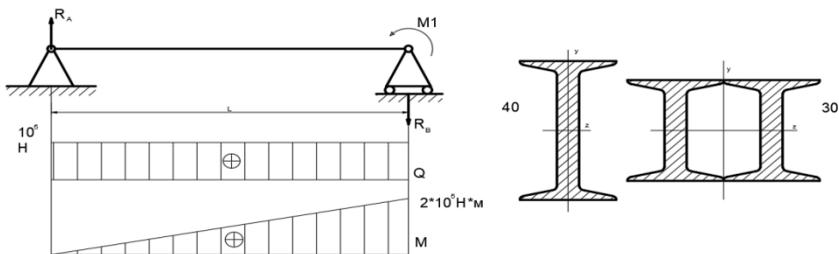
Рис. 2

Прямоугольные сечения после выреза становятся легче в 2,5 раза, а прочность уменьшается всего в 1,5 раза. Однако можно добиться выигрыша в прочности, и в весе, если часть вырезанной площади использовать на увеличение высоты сечения.

Изменяя форму профиля за счет удаления материала от нейтральной линии, можно создать сечения, весьма выгодные в весовом отношении, одновременно добиваясь и повышения прочности балки при меньшем расходе материала. Конечно, на этом пути имеются свои трудности. Увеличение с высоты сечения ограничено габаритами конструкции, в составе которой должна работать проектируемая балка. Кроме того, чрезмерное увеличение момента инерции относительно одной оси при неизменном или даже уменьшающемся моменте инерции относительно другой оси приводит к неустойчивости балки в боковом направлении. Утоньшение стенок фигурного сечения также ограничено условиями их устойчивости и технологическими условиями изготовления балки.

Рассмотрим особенности подбора сечений балок из стандартных профилей с помощью следующего примера.

Балка на двух опорах длиной $L=2$ м нагружена на правом конце сосредоточенным моментом $M_1=2 \cdot 10^5$ Н*м. Подобрать по допускаемому напряжению $[\sigma]=200$ МПа размеры стандартного двутавра. Рассмотреть возможность замены одного двутавра двумя профилями меньшей высоты.



Находим реакции опор балки $R_A = -R_B = 10^5$ Н и строим эпюры Q и M. Расчетный момент в опасном сечении на правом конце балки $M_{\max} = 2 \cdot 10^5$ Н*м. Вычисляем требуемый момент сопротивления сечения по условию прочности:

$$W_z \geq \frac{2 \cdot 10^5}{200 \cdot 10^6} = 0,001 \text{ м}^3 = 1000 \text{ см}^3$$

Ближайшее значение W_z по сортаменту равно 1220 см^3 , соответствующее двутавру N⁰45 (высота 45 см).

Это сечение дает излишний запас прочности в 22%. Ближайшее меньшее сечение – двутавр N⁰40, у которого $W_z = 947 \text{ см}^3$. В этом случае имеет место уменьшение запаса прочности на 5,3%, зато выигрыш в весе составляет 16%, так как вес одного погонного метра двутавра N⁰45 равен 652 Н, а вес погонного метра двутавра N⁰40 равен 561 Н. Обычно при проведении инженерных расчетов допускается отклонения получаемых характеристик в пределах $\pm 5\%$. Поэтому останавливаем выбор на двутавре N⁰40, дающему экономию в весе.

При необходимости уменьшить высоту балки приходится заменять ее двумя меньшими балками, которые устанавливаются параллельно друг другу. В рассматриваемом примере балку N⁰40 можно заменить двумя балками N⁰30, суммарный момент сопротивления которых близок к моменту сопротивления выбранной ранее балки. Однако это дает большой проигрыш в весе и усложняет конструкцию, поскольку для обеспечения совместной работы балок необходимо их необходимо соединить специальными накладками.

Для подбора сечений нестандартной формы все размеры сечения выражающиеся через один параметр. Потребная величина параметра, а следовательно, все размеры сечения определяются из условия прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольмир А.С. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев, А.И. Станкевич. М.: Дрофа, 2007. 591 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

П.В. Кузьминов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих аппаратов для очистки газов от твердых частиц, выявлены достоинства и недостатки существующих конструкций, представлена новая конструкция циклонного аппарата для очистки газов.

Ключевые слова: *очистка газов, циклоны, центробежная сила, пылеулавливание*

THE GASES PURIFIER DEVELOPMENT

P.V. Kuzminov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of existing devices from solid particles for gas purification is carried out, the advantages and disadvantages of existing structures are revealed, a new design of a cyclone gas purifier is presented.

Keywords: *gas purifying, cyclones, centrifugal force, dust exclusion.*

Проблема очистки газов от твердых частиц и пыли на данный момент является актуальной и решена не полностью. Существующее оборудование для газоочистки обладает рядом недостатков.

Наибольшее распространение в настоящее время получили устройства циклонного типа. Отличительной особенностью которых является наличие удлиненной цилиндрической части корпуса. У таких аппаратов всегда определенное отношение диаметра корпуса к диаметру выхлопной трубы. С увеличением диаметра циклона при постоянной окружной скорости потока центробежная сила, которая воздействует на твердые частицы, уменьшается, следовательно, уменьшается эффективность пылеулавливания. Кроме того, установка одного высокопроизводительного циклона вызывает затруднения из-за его большой высоты.

Конические циклоны отличаются от цилиндрических наличием улиточного ввода очищаемого газа, а также удлиненной конической частью и меньшим отношением диаметров выхлопной трубы и корпуса аппарата. По сравнению с цилиндрическими пылеуловителями они характеризуются не только значительно большим гидравлическим сопротивлением, но и более высокой эффективностью. Минусом таких аппаратов является большие габариты.

В циклонах с обратным конусом используется центробежная сила, которая развивается при поступательно-вращательном направлении потока газа. Недостатками таких циклонов является низкая эффективность улавливания по сравнению с коническими циклонами.

Авторами данной работы предложена принципиально новая конструкция газоочистительного аппарата с небольшим гидравлическим сопротивлением, простой конструкции и с высокой степенью очистки.

Разработанный аппарат состоит из двух соосно размещенных ступеней очистки. Корпус устройства выполнен цилиндро-коническим, что позволило уменьшить его размеры и обеспечить размещение внутренней ступени. Устройство ввода размещено по касательной к верхней цилиндрической части. Выгрузка очищенного газа расположена сверху, а устройство выгрузки твердых частиц для обеих ступеней соединено с бункерами для приема твердых частиц. С целью повышения эффективности улавливания твердых частиц в нижней зоне цилиндрической части корпуса размещены опорные впадины цилиндрической формы, контактирующие внутренней поверхностью с соосно установленными цилиндрическими вставками, имеющими устройство поворота и сквозные щели прямоугольного поперечного сечения, в которых размещены с возможностью продольного перемещения отбойные пластины прямоугольной формы. Пластины снабжены механизмом перемещения вдоль щелей. Изменение углов наклона отбойных пластин и их выдвижение вдоль щелей позволяет использовать предлагаемый агрегат для работы с различными типами газов (разная степень запыленности, разный состав и тип твердых частиц и т. д.). В конической части цилиндро-конического корпуса на его внутренней поверхности выполнены прямолинейные ручьи, глубина которых уменьшается к устройству выгрузки твердых частиц.

Высокая степень очистки достигается организацией высокоскоростного ударного взаимодействия потока твердых частиц с отбойными пластинами, позволяющего более эффективно снизить их скорость и направить к устройству выгрузки твердых частиц, а далее в бункер.

Предлагаемый агрегат при сравнительно простой конструкции и невысоком гидравлическом сопротивлении позволяет эффективно очищать загрязненные газовые потоки, содержащие твердые частицы в различном количестве и отличающиеся по физико-механическим свойствам.

Можно сделать вывод, что такая конструкция аппарата является наиболее эффективной для разделения газов от твердых частиц и пыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чекалов Л.В.* Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов. Ярославль: Русь, 2004. 424 с.
2. *Замураев А.Е.* Расчет пылеуловителей. Расчет циклонов и рукавных фильтров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 50 с.
3. *Сугак Е.В.* Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами / Е.В. Сугак, Н.А. Войнов, Н.А. Николаев. 2-е изд. Казань: Отечество, 2009. 224 с.
4. *Страус В.* Промышленная очистка газов. М.: Химия, 1981. 616 с.

ДИСКРЕТНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПОТОКОМ ДЛЯ БОРЬБЫ С ЯВЛЕНИЕМ СЕГРЕГАЦИИ

Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается проблема явления сегрегации. рассматривается процесс смешения сыпучих материалов, как поток событий и переходных процессов. Сделан вывод о целесообразности управления и контроля за переходными событиями.

***Ключевые слова:** Марковские процессы, сыпучие материалы, смешение, управление потоками.*

THE DISCRETE APPROACH TO FLOW CONTROL FOR RESISTANCE TO THE PHENOMENON OF SEGREGATION

D.V. Lebedev, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the problem of segregation phenomenon. The process of mixing of bulk materials as a flow of events and transient phenomena is considered. The conclusion about the expediency of management and control over transitional event is made.

***Keywords:** Markov processes, bulk materials, mixing, flow control.*

В основе любой цепи производственных процессов, где фигурирует сыпучий материал, одним из базовых будет являться процесс смешения. При этом, не смотря на распространённость данного процесса, существует ряд актуальных проблем, которые делают задачу совершенствования процессов и аппаратов целесообразной для проведения исследований.

Одним из главных препятствий для оптимизации переработки сыпучих материалов является сегрегация. Для решения данной проблемы было бы целесообразно построить такую модель, при которой такие негативные явления, как сегрегация и влияющие на её возникновение процессы были бы сведены к минимальному показателю. Для этих целей требуется скорректировать процесс смешения, а также спроектировать соответствующее оборудование, для работы, согласно новому процессу.

Если рассматривать процесс приготовления смеси как некую систему, то можно выделить её переходные и конечные состояния (на основе простейшей системы):

1. Загрузка в смесительный аппарат;
2. Приготовление смеси;
3. Получение готового продукта;
4. Выгрузка из смесительного аппарата;
5. Загрузка для последующей транспортировки;
6. Выгрузка;
7. Хранение.

Если попытаться характеризовать данную систему согласно описанию системы при помощи Марковских процессов, где последующее состояние зависит от настоящего (это позволяет нам делать имеющее место в любой системе состояние неопределённости), то состояния приготовления смеси, получение готового продукта и хранение объединяются в систему и соединяются между собой переходными вероятностями, которыми в данной системе являются процессы загрузки/разгрузки (λ и μ) (рис. 1). Функционирование системы характеризуется интенсивностями таких переходных событий, вносящих неопределённость в систему, так как их мы не можем контролировать в должной степени.

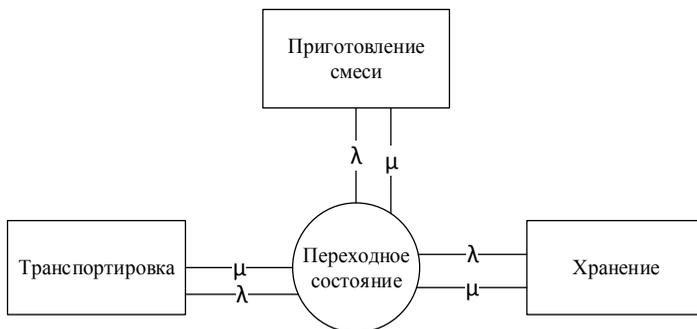


Рис. 1. Процесс приготовления смеси

Такой системный подход даёт нам возможность понять, что любой сложный процесс можно представить как систему, включающую в себя процессы, которые вносят неопределённость.

Подобным образом можно рассмотреть и, непосредственно, сам процесс приготовления смеси. В данном случае явление сегрегации будет вносить неопределённость в идеальную смесь с коэффициентом однородности, стремящимся к 1. В свою очередь, любое явление, в том числе сегрегацию, можно разложить на причины его вызывающие. Такое деление явления или процесса, вносящего неопределённость в систему, на составляющие и устранение или же минимизация первопричин в конечном итоге ведёт к снижению самой неопределённости.

Одним из путей снижения неопределённости может являться управление потоками. Существуют различные механизмы формирования потоков. Авторы статьи предлагают использовать способ дискретизации при помощи сегментированной решётки (рис. 2).

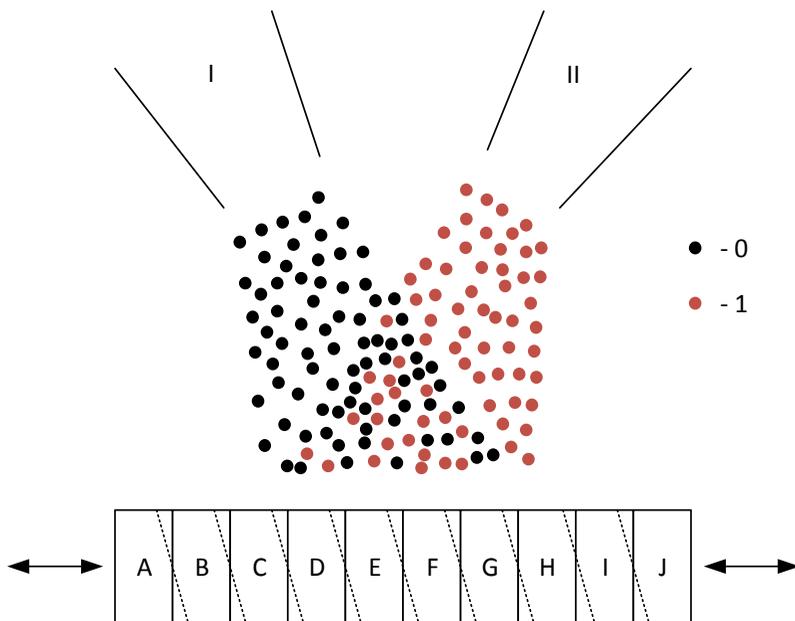


Рис. 2. Дискретный подход к разделению потока по ячейкам

Поскольку любое продвижение частиц по рабочим органам смесителя можно считать переходным состоянием, если рассматривать процесс как дискретный. Таким образом, можно утверждать о бессмысленности

задачи по снижению числа переходных вероятностей. Однако задача по управлению и контролю числа переходных вероятностей является актуальной и целесообразной, по мнению авторов. Это можно обеспечить за счёт описанной ранее сегментированной решётки. При том, если задать определённую траекторию движения данной решётке, то её можно рассматривать в качестве рабочего органа, обеспечивая процесс смешения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лебедев А.Е.* Математическое описание процесса образования дисперсных потоков / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10. С. 3338-3341.
2. *Лебедев А.Е.* Оборудование для смешения и измельчения дисперсных материалов на принципе взаимодействия струйных потоков / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, М.Н. Романова. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2016. 188 с.
3. *Кафаров В.В.* Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, С.Ю. Арутюнов. М.: Наука. 1985. 440 с.
4. *Романков П.Г.* Процессы и аппараты химической промышленности / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. Л.: Химия, 1989. 560 с.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В НОВОМ АППАРАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Д.А. Ригин, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

Научный руководитель – **М.Ю. Таршис**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

При описании процесса непрерывного смешивания использована «урновая» модель. В качестве критерия однородности смеси рассматривается вероятность попадания частицы ключевого компонента в зону активного смешивания. Сопоставление результатов расчета с экспериментом показало их хорошую сходимость.

***Ключевые слова:** аппарат, смешивание, сыпучий материал, вероятность, расчет.*

THE BULKBLENDING DESCRIPTION IN THE NEW CONTINUOUS ACTION DEVICE

D.A. Rigin, S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

Scientific Supervisor – **M.Yu. Tarshis**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

At the description of continuous mixing process the "urn" model is used. As criterion of uniformity of mix the probability of hit of a particle of a key component in a zone of active mixing is considered. Comparison of results of calculation to an experiment showed their good convergence.

***Keywords:** device, mixing, grain material, probability calculation.*

Достаточно распространенным типом устройств, используемых в современном производстве для переработки сыпучих материалов, являются смесители гравитационно-пересыпного действия. Несмотря на значительное многообразие известных конструкций, появляются новые устройства данного типа, что связано с разнообразием условий их рабо-

ты, которые определяются физико-механическими свойствами перерабатываемых материалов, требованиями к качеству получаемых составов, производительности и многими другими. Однако механизм процесса смешивания в таких устройствах принципиально не меняется. Анализ этого процесса устанавливает в поперечных сечениях смеси две зоны характерного поведения материала, разделенные линией обрушения: зоны активного смешивания и зоны транспортирования. Частицы смешиваемых компонентов циркулируют в поперечном сечении. При этом из зоны транспортирования они попадают в зону обрушения, из которой соответствующее число частиц вновь поступает в зону транспортирования. Такая картина поведения частиц установлена во всех сечениях, доступных наблюдению при исследовании нового смесителя непрерывного действия [1] методом фиксации поперечных сечений смеси через прозрачную стенку [2]. Таким образом, при изучении процесса смешивания можно рассматривать эволюцию распределения частиц смеси и её однородности в поперечном сечении смесителя, перемещающемся вдоль его оси.

При описании процесса в смесителе непрерывного действия, как и в работах [3] была использована урновая модель. При этом процесс смешивания был представлен как обмен частиц между урнами, моделирующими зоны характерного поведения и содержащими частицы компонентов. В качестве критерия, характеризующего однородность смеси принята вероятность p события, в результате которого частица ключевого компонента после однократного обмена попадает в урну, моделирующую зону активного смешивания. В этом случае, приняв в качестве обобщенной координаты $p = k_v V_c$, а обобщенную силу выбрав в виде $Q_p = -A V_c - B \dot{V}_c$, где A, B - постоянные получим решение для коэффициента неоднородности смеси V_c :

$$V_c = \frac{(\alpha_2 V_{c0} - \alpha_3) e^{\alpha_3 k l} + (\alpha_3 - \alpha_1 V_{c0}) e^{\alpha_2 k l}}{\alpha_2 - \alpha_1}. \quad (1)$$

Среднее время пребывания частиц в аппарате при объеме Q материала, в нем равно $t = Q/\Pi$, где Π - производительность смесителя, $\text{м}^3/\text{с}$, $Q = S l$, S - площадь поперечного сечения смеси, м^2 , l - расстояние от точки загрузки компонентов в смеситель до точки выгрузки (длины рабочей части смесителя), м. $t = S l / \Pi$ с.

Исследования были проведены при следующих параметрах смесителя: $S = 1,19 \cdot 10^{-2}$, $\Pi = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, $l \in [0,01 - 0,405]$ м.

На рис. 1 графически представлены результаты исследований изменения коэффициента неоднородности смеси по длине аппарата (сим-

волы) с различными прямоугольными лопастями, и их сопоставление с расчетными значениями (сплошные линии).

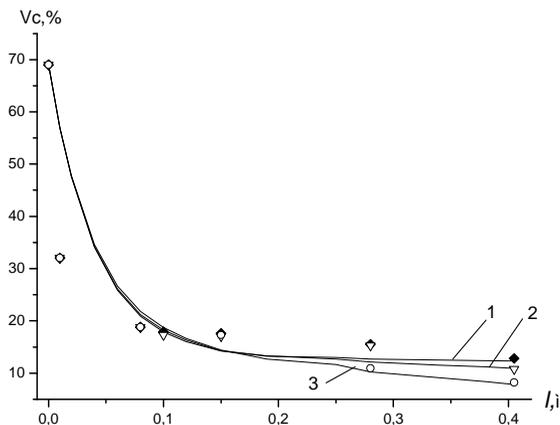


Рис. 1. Сопоставление опытных значений коэффициента неоднородности смеси с его расчетными значениями

Наклон лопастей к плоскости сечения составлял 30° . На рисунке размеры прямоугольных лопастей: кривая 1 – $b = 60, h = 60$, кривая 2 – $b = 60, h = 40$, кривая 3 – $b = 60, h = 20$ (мм).

При экспериментах загрузка компонентов осуществлялась через бункеры с сечениями выходных патрубков, обеспечивающими соотношение объемов загрузки компонентов $Q_1:Q_2=1:2$. Смешивались семена рапса и проса. Насыпные плотности и средние диаметры частиц: $\rho_1=666 \text{ кг/м}^3$, $d_1=1,75 \text{ мм}$, $\rho_2=840 \text{ кг/м}^3$, $d_2=2,25 \text{ мм}$. Коэффициент загрузки - 0,21. Угловая скорость вращения корпуса смесителя $2\pi \text{ рад/с}$.

При этом идентификационные коэффициенты в уравнении (1) составили: $\alpha_1=-1.1$, $\alpha_2=-0.1 \text{ с}^{-1}$ (кривая 1), $\alpha_1=-1.03$, $\alpha_2=-0.03 \text{ с}^{-1}$ (кривая 2), $\alpha_1=-1.08$, $\alpha_2=-0.08 \text{ с}^{-1}$ (кривая 3), $V_{c0} = 0.71$, $\alpha_3 = dV_{c0}/dt = -0.57$.

Средние квадратические отклонения расчетных значений коэффициента неоднородности от его экспериментальных значений не превышало 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2618065 Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов / М.Ю. Таршис, С.Н. Черпицкий, Л.В. Королев, А.И. Зайцев; опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.
2. Пат. 2385454. Российская Федерация. Способ определения качества компонентов, различающихся по цвету. Оpubл. 27.01.2010. Бюл. № 1.
3. *Таршис М.Ю.* Теория и принципы моделирования процесса смешивания сыпучих материалов и создания устройств с гибкими элементами для его реализации / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. 100 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Н.В. Смилык, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – **Н.В. Бадаева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Даётся понятие оптимального проектирования элементов конструкций, рассмотрен пример оптимального проектирования равномерно нагруженной консоли.

***Ключевые слова:** оптимальное проектирование, элементы конструкций, целевая функция, управляющие параметры, оптимальные значения.*

OPTIMAL DESIGN OF STRUCTURAL COMPONENTS

N.V. Smilyk, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – **N.V. Badaeva**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The concept of optimal design of structural elements is given, an example of optimal design of a uniformly loaded console is considered.

***Keywords:** optimal design, structural elements, objective function, control parameters, optimal values.*

При проектировании конструкций, прежде всего, необходимо обеспечить их эксплуатационную пригодность - достаточную прочность, жесткость и устойчивость, то есть конструкция должна быть рациональной, но при этом конструкция должна быть еще и экономичной. Оптимальная конструкция – лучшая из рациональных. Выбор оптимальной конструкции достигается расчетом по заданной математической модели ее параметров, обеспечивающих экстремальные (максимум или минимум) значения технико-экономических характеристик, при условии, что другие характеристики удовлетворяют заданной совокупности технических требований.

Математически задача оптимизации оформляется путем введения и последующего поиска оптимального значения некоторой функции, называемой функцией цели. Функция цели зависит от ряда параметров, которые называются управляющими параметрами. Для функции цели формулируется условие оптимальности. Как правило, на функцию цели и управляющие параметры накладывается еще ряд дополнительных условий – ограничений в форме равенств или неравенств. Оптимизирующие значения управляющих параметров находятся из условия оптимальности, сформулированного для функции цели, при выполнении дополнительных ограничений. Значение функции цели при найденных значениях управляющих параметров является искомым решением задачи оптимизации.

При оптимальном проектировании конструкции или сооружения роль функции цели может быть отведена весу, объему или стоимости конструкции, а условие оптимизации поставлено как условие минимума функции цели. Дополнительными условиями при этом являются условия прочности, а также в зависимости от роли и назначения конструкции условия устойчивости, жесткости, сейсмостойкости, долговечности и другие эксплуатационные и технологические условия. Параметрами оптимизации могут служить геометрические параметры формы отдельного элемента или всей конструкции в целом, а также параметры характерных сечений.

Этап составления целевой функции при оптимизации конструкции является самым творческим и неформальным. Целевая функция строится на основе выходных параметров конструкции (характеристик), которые необходимо оптимизировать. Таким образом, оптимальное проектирование сводится к составлению или выбору целевой функции, многократному анализу характеристик (выходных параметров) элементов и затем минимизации или максимизации целевой функции с применением различных методов оптимизации. Выбор метода оптимизации обусловлен спецификой решаемой задачи.

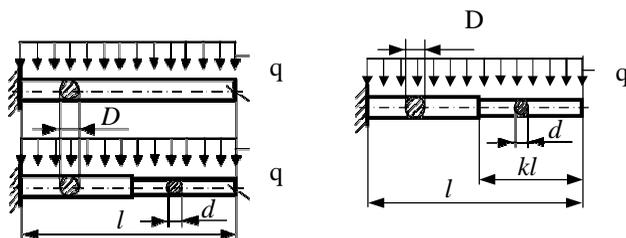


Рис. 1

Рассмотрим задачу оптимального проектирования для равномерно нагруженной (q – интенсивность распределенной нагрузки) консоли с круглым поперечным сечением заданной длины (l). Пусть требуется уменьшить объем консольной балки, не снижая ее прочности. При этом имеется технологическая возможность использовать в конструкции балку заданной длины l и со ступенчатым изменением диаметра балки. В самом простом случае проектируем балку, состоящую из двух участков, рис. 1. Определим диаметры поперечных сечений и длины участков, обеспечивающих минимальный объем балки при сохранении ее прочности.

1. Границы элемента -длина элемента задана

$$l = \text{const.}$$

2. Целевая функция – объем элемента – определяется формулой

$$V = \frac{\pi D^2}{4} l(1 - k) + \frac{\pi d^2}{4} lk$$

3. Управляющие параметры – коэффициент пропорциональности длины участков (k) и диаметры первого и второго участков (D, d).

4. Дополнительные ограничения – условие прочности для балки:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{изгmax}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{изгmax}}{\pi D^3} = \frac{M_1}{0.1D^3} \leq R_y \gamma_c$$

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{M_1}{0.1R_y \gamma_c}}$$

условие равно прочности первого и второго участков

$$\frac{M_1}{0.1D^3} = \frac{M_2}{0.1d^3}$$

$$\frac{ql^2}{2 * 0.1D^3} = \frac{q(kl)^2}{2 * 0.1d^3}$$

$$d = Dk^{\frac{2}{3}}$$

5. Окончательный вид целевой функции

$$V = \frac{\pi D^2}{4} l(1 - k) + \frac{\pi d^2}{4} lk = \frac{\pi D^2}{4} l(k^{\frac{7}{3}} + 1 - k) \rightarrow \min$$

6. Определим минимум целевой функции

$$\frac{dV_2}{dk} = \frac{\pi D^2}{4} l \left(\frac{7}{3} k^{\frac{4}{3}} - 1 \right) = 0$$

$$k = \left(\frac{3}{7} \right)^{\frac{3}{4}}$$

7. Экономия материала составит

$$\Delta = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100 = 100k \left(1 - k^{\frac{3}{4}} \right) = 100 \left(\frac{3}{7} \right)^{\frac{3}{4}} \left(1 - \frac{3}{7} \right) = 30.3\%$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы оптимального проектирования: Текст лекций / СПбГУАП. СПб., 2001. 169 с.
2. Таршис Ю.Д. Основы оптимального и вероятностного проектирования элементов конструкций: Учебное пособие / Ю.Д. Таршис, М.Ю. Таршис. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 387 с.

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СМЕСЕЙ СЫПУЧИХ СРЕД

С. Суид, А.Е. Лебедев¹, И. Суид²

Научные руководители – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент;
Имен Суид, профессор

¹Ярославский государственный технический университет

²King Khalid University, Саудовская Аравия, г. Абха

Предложен новый экспресс метод оценки качества смесей трудноразделимых сыпучих сред, основанный на цифровой обработке фотографий проб смеси и компонентов.

Ключевые слова: сыпучий материал, алгоритм, экспресс-метод.

RAPID QUALITY TEST OF GRANULAR MEDIA MIXTURES

S. Suid, A.E. Lebedev¹, I. Suid²

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor;
I. Suid, Professor

¹Yaroslavl State Technical University

²King Khalid University, Saudi Arabia, Abha

A new express method for assessing the quality of mixtures of difficult-to-separate granular media, based on digital processing of photographs of mixture samples and components is proposed.

Keywords: particulate material, algorithm, rapid method.

Процессы смешивания сыпучих сред применяются практически во всех отраслях современной промышленности. Способы оценки качества смесей основываются на различиях в физико-механических свойствах частиц смешиваемых веществ. В связи с высокой трудоемкостью операций разделения, просеивания и взвешивания компонентов смесей был разработан новый способ экспресс-оценки качества смеси. В основу данного способа положен анализ цифровых изображений проб смесей и са-

мих компонентов, в том числе, трудноразделимых материалов. Необходимым условием для реализации данного метода является отличие по цвету частиц смешиваемых материалов.

При исследовании смешиваемые материалы и их пробы раскладываются тонким слоем на гладкой площадке и сканируют или фотографируют при одинаковых условиях, жестко установленных настройках светочувствительности и баланса белого.

В процессе обработки изображений проб осуществляют отнесение пикселей к одному из компонентов, для этого вводится понятие порогового оттенка. Способ включает следующие операции: подсчет числа проб, минимально допустимого веса пробы, отбор проб смеси и ее компонентов, распределение проб равномерным слоем на гладкой поверхности и фотографирование, проведение попиксельного анализа изображений смешиваемых компонентов с получением гистограмм распределения пикселей изображения по оттенкам серого в отношении к их общему количеству, определение порогового оттенка, определение значения концентраций ключевого компонента в пробах смеси, как отношения количества пикселей, ему соответствующих, к общему количеству пикселей изображения пробы и расчет коэффициента неоднородности смеси, при вычислении значения порогового оттенка находят координаты центров тяжести площадей гистограмм распределения пикселей компонентов смеси и присваивают пороговому оттенку значение, соответствующее абсциссе середины отрезка между центрами тяжести площадей гистограмм. Авторами предложен новый способ определения порогового оттенка по делению отрезка между центрами тяжести площадей под гистограммами распределений пикселей в определенном соотношении.

Предлагаемый экспресс-метод оценки качества смеси может быть использован даже в тех случаях, когда компоненты смеси имеют близкие цвета, что расширяет его область применения. Область применения разработанного алгоритма существенно расширяется благодаря таким преимуществам как возможность обработки изображений проб с близкими по цвету компонентами и возможность обработки цветных изображений проб без какой-либо предварительной подготовки фотографий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М., 1973.
2. Пат. 2385454 Россия, МПК В01F3/18. Способ определения качества смеси компонентов, различающихся по цвету / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Оpubл. 27.03.2010.
3. mixan, 2015. URL: <http://pa2311.blogspot.com/p/mixan.html>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ

А.А. Ватагин, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается новый способ определения коэффициента неоднородности сыпучих сред, а также обзор проведенных экспериментов с конечными результатами.

***Ключевые слова:** смешивание, однородность, сегрегация, исследование, смесь.*

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF THE BULK MIXTURES INHOMOGENEITY

A.A. Vatagin, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses a new method for determining the coefficient of heterogeneity of granular media, as well as a review of the experiments conducted with the final results.

***Keywords:** mixing, uniformity, segregation, a study, a mixture.*

При осуществлении процессов перемешивания сыпучих сред происходит взаимное перемещение и перераспределение частиц смешиваемых компонентов. В идеальном процессе мы должны получить на выходе смесь, в любой точке которой к каждой частице одного из компонентов примыкают частицы другого компонента в количестве определяемым выбранным соотношением.

В то же время при смешении материалов, частицы которых различаются по плотности, размерам или форме, получение однородных сме-

сей затруднено. Это вызвано разделением компонентов под действием центробежных сил и за счет различия в размерах частиц [1, 2].

Для определения коэффициента неоднородности необходимо провести ряд опытов с сыпучими материалами такими как: гречневая крупа и пшено в следующих соотношениях: 1 к 1, 1 к 2, 3 к 2. Результаты приведены в таблице, на рис. 1 представлен вид смеси в соотношении 3 к 2.

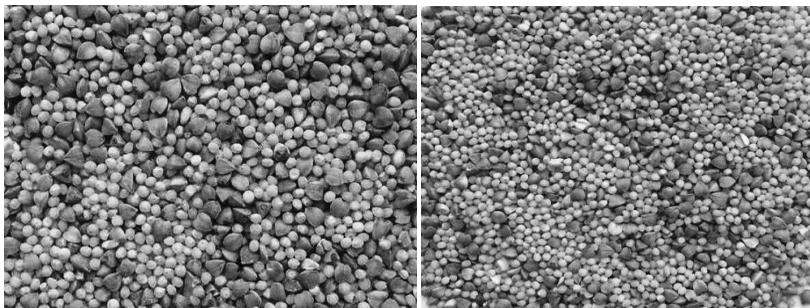


Рис. 1. Смесь сыпучих веществ в соотношении 3 к 2

Порядок проведения опытов выглядел следующим образом:

1. Замер с помощью мерного стакана и весов материалов массой по 60 грамм соответственно (далее 60 и 120, 120 и 180);
2. Высыпание в аппарат для перемешивания, с последующим смешиванием материалов;
3. Отбор нескольких случайных проб;
4. Съемка каждой пробы на фотокамеру с установленными параметрами;
5. Подготовка изображений для анализа (обрезка фотографий в графическом редакторе FastStone);
6. Анализ изображений с расчетом концентраций и коэффициента неоднородности в программе Mixan.

По итогу программа строит гистограмму распределения (рис. 2) и выдает значения концентрации, в нашем случае это будет являться коэффициентом неоднородности.

Результаты опытов

№	C_1	C_2	C_3
1	0,825	0,891	0,919
2	0,814	0,892	0,943
3	0,794	0,861	0,917
4	0,782	0,871	0,912
5	0,758	0,880	0,897
6	0,818	0,908	0,865

В приведенной таблице значения C_1 , C_2 , C_3 – это значения концентраций соответствующих отношений 1 к 1, 2 к 1 и 3 к 2.

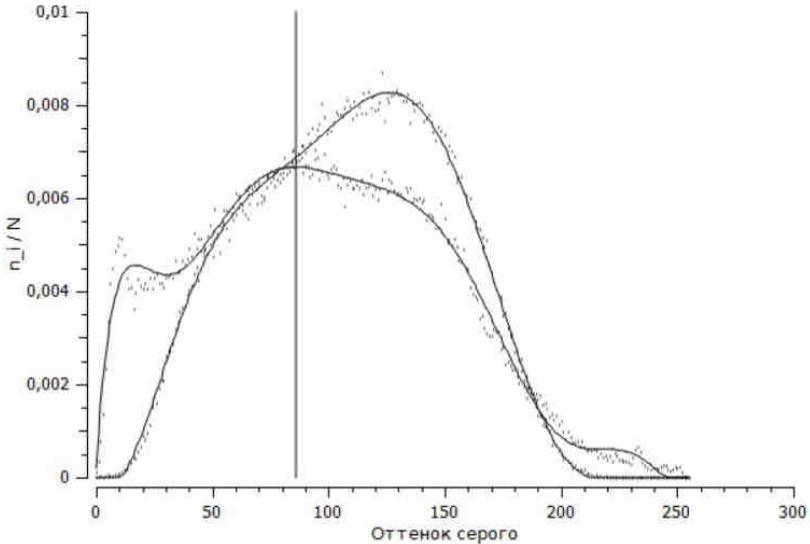


Рис. 2. Гистограмма распределения

Таким образом, применение вышеописанного способа позволяет достаточно точно и быстро осуществлять замер коэффициента неоднородностей различных смесей сыпучих сред, в том числе, когда смесь трудноразделима и использовать ситовый анализ невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод определения коэффициента неоднородности смеси при взаимодействии разреженных потоков / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, А.А. Петров // Изв. вузов. Химия и химическая технология. Иваново, 2012. Т. 55, вып. 11. С. 119-121.
2. Математическая модель механики движения сыпучих материалов в разреженных потоках аппаратов с эластичными рабочими элементами / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, И.О. Кузьмин // Изв. вузов. Химия и химическая технология. Иваново, 2009. Т. 52, вып. 5. С. 111-113.
3. *Макаров Ю.И.* Аппараты для смешивания сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973. С. 216.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОЦЕССАХ СМЕШЕНИЯ

А.А. Ватагин, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается проблема контроля качества выпускаемой продукции при процессах смешения веществ склонных к сегрегации, а также существующие на сегодняшний день методы и способы контроля качества.

***Ключевые слова:** контроль, качество, процессы, смешение, сегрегация.*

QUALITY CONTROL DURING MIXING PROCESSES

A.A. Vatagin, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the problem of quality control of manufactured products during the processes of mixing substances prone to segregation, as well as existing methods and methods of quality control.

***Keywords:** control, quality, processes, mixing, segregation.*

Что же такое качество? Данному термину выделяется достаточно много места как в нашей, так и в зарубежной научной литературе. С точки зрения философии качество выражает неотделимое от бытия предмета его сущностную определенность, благодаря которой он является именно данным, а не иным предметом [1].

Большое количество трактовок понятия качества отводиться на конкретно экономические формулировки. В частности, американский профессор Х.Д. Харрингтон пишет, что качество – это удовлетворение ожиданий потребителя за цену, которую он может себе позволить, когда у него возникнет потребность, а высокое качество – это превышение ожиданий потребителя за более низкую цену, чем он предполагает.

Международный стандарт определяет качество как совокупность характерных свойств, формы, внешнего вида и условий применения, которыми должны быть наделены товары для соответствия своему назначению. Все эти элементы определяются требованиями к качеству, которые воплощены на этапе проектирования в технической характеристике изделия, в конструкторской документации и технических условиях, предусматривающих качество сырья, конструктивные размеры, сочетание оттенков, глянец и т.д.

Процессы контроля качества различаются в зависимости от того, какие методы применяются в исследованиях: количественные, качественные или полуколичественные.

Общие методы для оценки качества любой продукции бывают следующими, но сначала о самом определении. Методы контроля качества – это простые в использовании средства, основанные на графическом изображении данных, позволяющие распознать, понять и решить проблему [3].

Семь инструментов качества можно использовать в фазах: обнаружения дефектов и анализа дефектов. К ним относятся:

- Сводная карта дефектов;
- Гистограмма;
- Карта регулирования качества;
- Мозговой штурм;
- Причинно-следственная диаграмма;
- Диаграмма корреляций;
- Диаграмма Парето.

В идеальной смеси смешиваемые компоненты должны распределяться по ее объему таким образом, чтобы к любой частице одного из компонентов примыкали частицы других компонентов в количествах, определяемых заданными соотношениями компонентов.

Для объективной количественной оценки отклонений служат критерии качества, вычисляемые на основе информации о пространственном распределении частиц смеси, полученной опытным путем или в результате теоретических расчетов. На рис. 1 изображена структурная схема критериев качества.

Наиболее перспективным направлением развития контроля являются бесконтактные методы.

Эти методы основаны на способности вещества ключевого компонента поглощать, отражать, рассеивать или испускать электромагнитные волны в каком-либо диапазоне частот с интенсивностью, пропорциональной концентрации ключевого компонента в исследуемой области

смеси, что позволяет получать информацию о распределении частиц смешиваемых фракций без извлечения проб из исследуемого объема.

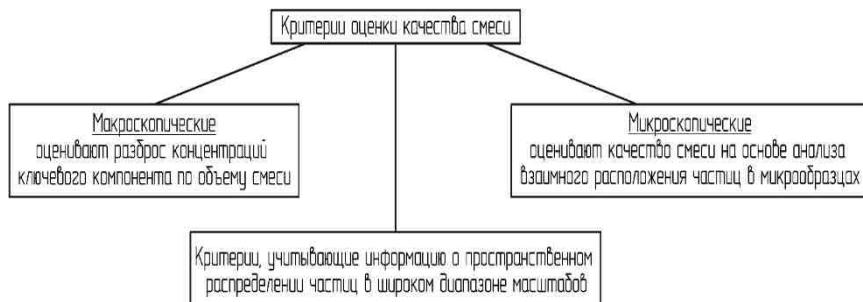


Рис. 1. Структурная схема критериев качества

Наиболее доступными и дешевыми из бесконтактных методов оценки качества сыпучих смесей являются методы, основанные на анализе фотоизображения поверхности смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров А.Н. Управление качеством. Конспект лекций. Ростов-на-Дону, 2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bizlog.ru/lib/b2/>
2. Качалов В.А. Зарубежный опыт проведения самооценки деятельности в области качества// Стандарты и качество. 1997. № 5. С. 47-53.
3. Липидус В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / Гос. ун-т управления; Нац. фонд подготовки кадров. М.: ОАО «Типография Новости», 2000. 432 с.
4. Системы обеспечения качества в отрасли. Конспект лекций. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2015.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ

В.И. Зеленый, И.С. Шеронина

Научный руководитель – **И.С. Шеронина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ влияние повышенных температур на прочностные свойства стали. Даны понятия явления ползучести и синеломкости. Определены легирующие элементы повышающие жаропрочность и жаростойкость сталей.

Ключевые слова: ползучесть, синеломкость, жаропрочность, жаростойкость, тугоплавкость.

THE HIGH TEMPERATURE EFFECT ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE STEEL

V.I. Zeleny, I.S. Sheronina

Scientific Supervisor – **I.S. Sheronina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The high temperatures effect on the strength properties of steel has been analyzed. The concepts of the phenomenon of creep and blue brittleness are given. Alloying elements have been identified which increase heat resistance of the steel.

Keywords: creep, blue brittleness, heat resistance, infusibility.

Углеродистая сталь обыкновенного качества представляет собой сплав железа с углеродом с включением некоторого количества кремния (или алюминия) и марганца. Кроме того, из руды, в ее состав могут попадать медь, хром и т.д.

В состав легированных сталей, помимо железа и углерода входят дополнительные добавки, которые улучшают их качество, однако сильно удорожают ее стоимость.

В обычном машиностроении, в основном используются низколегированные стали с суммарным содержанием легирующих добавок не более 5%.

К основным механическим характеристикам, характеризующим сопротивление материалов внешним нагрузкам, относятся: прочность, упругость, пластичность, твердость, ползучесть, а также синеломкость.

Во многих машинах: двигателях внутреннего сгорания, в паровых котлах, газовых турбинах и т. д. металл работает в условиях высоких температур, особенно высокие температуры достигаются в авиационных двигателях (свыше 1000 °С). Поэтому анализ влияния высоких температур на прочностные и деформационные характеристики сталей представляет определенный интерес.

Проведенные исследования (рис. 1) показывают, что механические характеристики стали при ее нагревании до температуры от 20 °С до 200 °С меняются незначительно. При дальнейшем повышении температуры от 200 °С до 300 °С прочность стали несколько повышается при одновременном снижении ее пластичности. Другими словами, сталь становится более хрупкой, что показывается синеломкостью. Синеломкость – снижение пластичности стали при одновременном повышении прочности, наблюдаемое при деформации в интервале температур, вызывающих синий цвет побежалости (200–300 °С). При этой температуре не следует обычную сталь подвергать большим деформациям и ударным нагрузкам.

Если дальше продолжать повышать температуру свыше 400 °С, происходит резкое падение предела текучести и предела прочности, при этом удлинение и уменьшение поперечного сечения стержня при разрыве наоборот растут. При дальнейшем повышении температуры свыше 600 °С сталь теряет свою способность нести внешнюю нагрузку (несущую способность). Кроме того, при повышении температуры появляется способность металла к очень медленному, но непрерывному изменению размеров под действием очень малых и постоянных во времени напряжений. Это явление носит название ползучести. Ползучесть – свойство металла непрерывно деформироваться во времени без увеличения нагрузки. При постепенном и постоянном удлинении в металле появляются микротрещины, что вызывает концентрацию напряжений и в конечном счете приводит к его разрыву.

Ползучесть стали является одним из наиболее важных проявлений влияния повышенной температуры на механические характеристики стали. Считается, что начиная с 400 °С расчеты деталей машин необходимо проводить с учетом влияния ползучести.

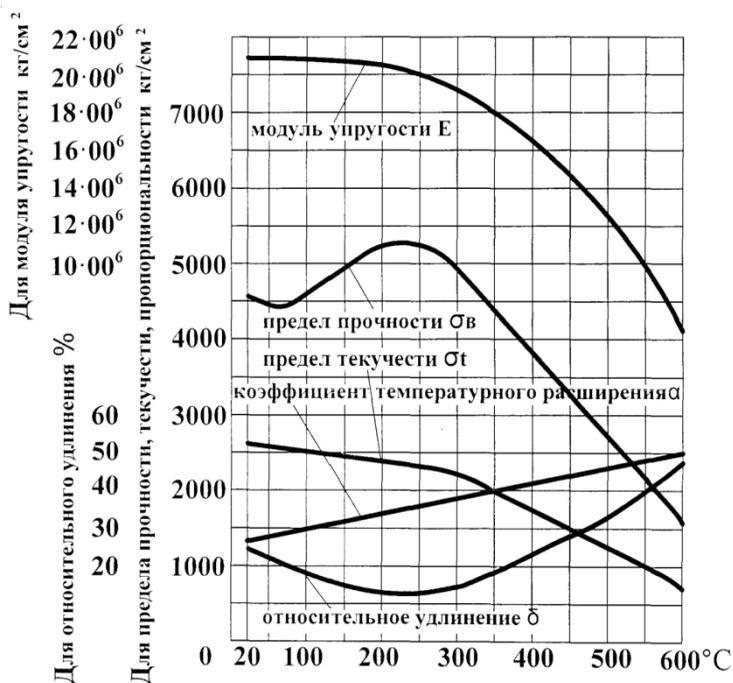


Рис. 1. Зависимость механических свойств стали от температуры

Таким образом, воздействие высоких температур, отрицательно влияет на прочностные свойства и несущую способность металла. Для того, чтобы ограничить отрицательное воздействие на механические характеристики стальных конструкций высоких температур необходимо: либо каким-то образом защитить металл от ее воздействия, либо использовать для их изготовления особо прочные материалы, предназначенные для применения в высокотемпературных средах. К таким материалам относятся жаропрочные стали и сплавы. При их создании стараются избегать явления ползучести, для этого в состав стали добавляют легирующие элементы, представляющие собой тугоплавкие металлы. К ним относятся: Вольфрам, Рений, Ванадий, Молибден, Цирконий и т. д. Состав легирующих добавок указывают в наименовании сталей: первые две цифры в марке стали соответствуют содержанию углерода в сотых долях процента, далее перечисляют добавки и их содержание с округлением до целых процентов, цифру 1 при этом не проставляют. Например: 08X17T.

Тугоплавкие металлы, входящие в химический состав сталей, характеризуются следующими температурами плавления (см. табл.1).

Таблица 1. Температуры плавления металлов

Металл	Температура плавления, °С
Вольфрам	3880
Рений	3180
Ванадий	1900
Молибден	2620
Цирконий	1855

Жаропрочные стали и сплавы способны успешно эксплуатироваться при постоянном воздействии высоких температур не разрушаясь. Кроме жаропрочности легированные стали и сплавы должны обладать жаростойкостью (т.е. довольно длительное время в условиях повышенных температур активно противостоять газовой коррозии). В повышении жаростойкости стали особая роль принадлежит хрому, алюминию и кремнию. Соединяясь с кислородом, эти элементы способствуют формированию в структуре металла плотных и надежных кристаллических структур, что и улучшает способность безболезненно переносить воздействие повышенных температур. Лучшую жаростойкость демонстрируют стали, легирование которых выполнено на основе такого металла, как хром. К наиболее известным маркам стали, которые называются сильхромами, относятся: 08X17T, 15X25T, 15X6СЮ. Жаростойкие стали и сплавы используются в основном при изготовлении ненагруженных конструкций, которые эксплуатируются при температуре не превышающей 550 °С.

Таким образом, при изготовлении деталей машин, которые должны эксплуатироваться при высоких температурах, необходимо учитывать такие явления как ползучесть, газовая коррозия, синеломкость, а также снижение предела прочности и текучести при одновременном увеличении удлинения и значительном уменьшении размеров поперечного сечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: учебник для вузов. 10-е изд, перераб. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 512 с.
2. *Любошиц М.И.* Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович. Изд. 2-е, исправл. и доп. Минск: Высшая школа, 1969. 464 с.

РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЗАДАЧ НА РАСТЯЖЕНИЕ–СЖАТИЕ МЕТОДОМ СИЛ

Д.В. Шпилькин

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод сил, при решении статически неопределимой задачи, на растяжение – сжатие.

Ключевые слова: Перемещение, деформация, статическая неопределимость.

SOLUTION OF STATICALLY INDETERMINATE TASKS IN TENSION–COMPRESSION BY THE FLEXIBILITY METHOD

D.V. Shpilkin

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The flexibility method in solving the statically indeterminate tasks of tension–compression is considered.

Keywords: displacement, deformation, static uncertainty.

Решение статически неопределимых задач на растяжение - сжатие методом сил.

Система считается статически неопределимой если число связей превышает их количество, необходимое для неподвижной фиксации системы. Связи считаются упругими с заданными величинами жесткости. Решение таких систем заключается в составлении наряду с уравнениями статики дополнительных уравнений совместности деформаций, возни-

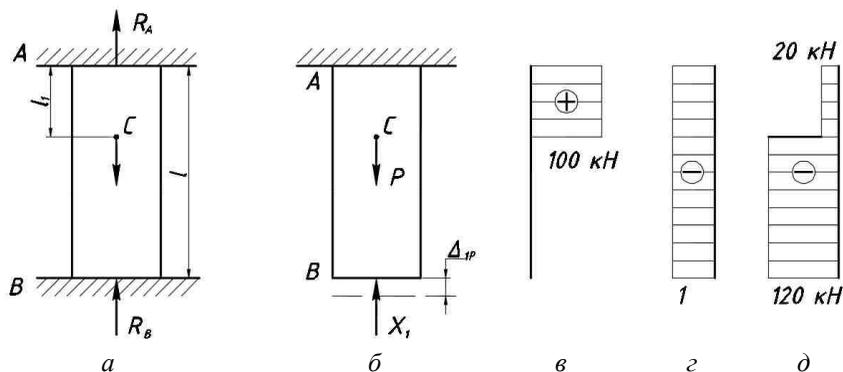
кающих в стержнях под влиянием заданных нагрузок, монтажных зазоров и изменения температуры.

Метод сил широко используется при решении статически неопределимых балок и рам. Он заключается в составлении основной системы, обладающей минимальным количеством необходимых для обеспечения равновесия связей и заменой оставшихся связей неизвестными усилиями. Решая систему канонических уравнений, определяются данные неизвестные усилия.

Исходные данные:

Стальной прямолинейный стержень постоянного сечения длиной $l = 1,5$ м жестко заделан обоими концами и нагружен силой $P = 100$ кН в сечении C , отстоящем на расстоянии $l_1 = 0,5$ м от верхней заделки (рисунок *a*). Площадь сечения стержня $A = 10$ см². При сборке выяснилось, что стержень длиннее номинального размера на 0,01%, т.е. $\delta_0 = 10^{-4} * l = 0,15$ мм. Определить реакции R_A и R_B заделках стержня, если после сборки он нагревается на $\Delta T = 26,7$ °С. Коэффициент линейного расширения стали $\alpha = 1,25 * 10^{-5}$ 1/град, модуль упругости $E = 2 * 10^5$ МПа.

Методика решения задачи:



(*e* – эпюра N_p ; *z* – эпюра \bar{N}_1 ; *d* – эпюра N)

Уравнение статики будет иметь вид:

$$R_A + R_B = P.$$

Задача один раз статически неопределима. Выберем основную систему, удалив заделку B и заменив ее неизвестной силой $X_I = R_B$. Для определения X_I достаточно составить одно каноническое уравнение:

$$\delta_{II} X_I + \Delta_{IP} = 0$$

(δ_{II} – перемещение, от единичной силы X_I ; Δ_{IP} – перемещение, вызванное нагрузкой P),

из которого следует, что $X_I = -\Delta_{1P}/\delta_{11}$. Перемещение δ_{11} от единичной силы $X_I = 1$ определяем по закону Гука.

$$\delta_{11} = \frac{1}{c} = \frac{l}{EA} = \frac{1,5}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н},$$

$$\Delta_{1P} = \frac{R_p \cdot \bar{R}_1 \cdot l_1}{EA} + \alpha l \Delta T^\circ \cdot \bar{R}_l + \delta_0 \bar{R}_l = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot (-1) \cdot 0,5}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} +$$

$$+ 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 \cdot 26,7 \cdot (-1) + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot (-1) = -9 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

$$X_I = -\frac{\Delta_{1P}}{\delta_{11}} = \frac{-9 \cdot 10^{-4}}{7,5 \cdot 10^{-9}} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Н} = 120 \text{ кН}.$$

Здесь свободный член уравнения Δ_{1P} определяем, используя принцип возможных перемещений, согласно которому сумма работ всех внешних и внутренних сил на любых кинематически возможных перемещениях точек упругой системы равна нулю.

Суммарная эпюра внутренних сил в стержне показана на рис. *д*.

Стержень испытывает сжатие по всей длине, так как суммарное влияние ΔT° и δ_0 оказывается больше воздействия растягивающей силы, которая лишь уменьшает сжатие в верхней части стержня (скачок в сечении *С*). Реакция R_A верхней заделки определяется из уравнения равновесия. Она равна:

$$R_A = P - R_B = 100 - 120 = -20 \text{ кН}.$$

Реакция R_A имеет знак *минус*, т.е. направлена вниз, противоположно вектору, на рис. *а*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольмир А.С.* Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев, А.И. Станкевич. М.: Дрофа, 2007. 591 с.

РАЗРУШЕНИЕ СТОЙКИХ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ

А.Д. Башков, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих способов разрушения нефтяных эмульсий, выявлены достоинства и недостатки существующих методов, представлен новый способ разделения стойких эмульсий методом распыления

***Ключевые слова:** разрушение эмульсий, стойкие эмульсии, деэмульгация, распыление*

THE DESTRUCTION OF STABLE EMULSIONS BY SPRAYING METHOD

A.D. Bashkov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the existing methods of destruction of oil emulsions, identified advantages and disadvantages of existing methods, a new method of separation of persistent emulsions by spraying method were presented.

***Keywords:** the destruction of emulsions, stable emulsions, de-emulsification, spraying method.*

Проблема разделения стойких эмульсий в данное время решена не окончательно. Существующие способы деэмульгации обладают рядом недостатков такими как высокая стоимость, энергозатраты и длительность процесса.

Одним из перспективных направлений разделения стойких эмульсий является метод, основанный на тонком распылении исходной эмуль-

сии при котором струи комплексных жидкостей под действием аэродинамических и поверхностных сил, а также внутренних вихревых течений распадаются на капли исходных жидкостей [1-6]. Основным преимуществом данного метода над существующими способами разделения является отсутствие необходимости применения центробежных, гравитационных и других силовых полей для создания которых необходимы высокие энергозатраты. В связи с новизной предлагаемого способа разделения и отсутствием методик расчета основных режимных и конструктивных параметров авторами работы предложено математическое описание процесса формирования дисперсного факела капель эмульсии форсуночным распылителем. Для описания применим вероятностный метод, успешно зарекомендовавший себя при моделировании многих процессов переработки дисперсных систем.

Данные зависимости позволяют вычислить наиболее вероятное значение угловой скорости, соответствующей распаду комплексных капель на вторичные, представляющие собой капли исходных жидкостей.

Авторами данной работы предложен принципиально новый метод разделения стойких эмульсий методом тонкого и сверхтонкого распыления. Суть этого метода в следующем.

Стойкая трудноразделимая эмульсия из емкости подается насосом на вращающийся конусный распылитель малого диаметра и распыляется. В процессе тонкого распыла эмульсия распадается на комплексные капли (состоящие из двух исходных несмешивающихся жидкостей). Комплексные капли нестойки и под действием воздушных потоков и поверхностного натяжения распадаются на капли исходных жидкостей. Капли разделенных жидкостей оседают и уже не смешиваются.

Благодаря тому, что процесс разделения осуществляется в дисперсном состоянии, а в качестве рабочего органа разделителя применяется быстровращающаяся коническая насадка, удается с минимальными затратами энергии и времени проведения процесса по сравнению с существующими методами осуществлять достаточно качественное разделение стойких эмульсий на исходные жидкие среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зимон А.Д.* Коллоидная химия. М.: Агар, 2001. 320 с.
2. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1982. 400 с.
3. *Щукин Е.Д.* Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. М.: Высш. шк., 1992. 414 с.
4. *Воюцкий С.С.* Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 300 с.

5. К расчету процесса ударного взаимодействия потока твердых частиц с преградой / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.А. Петров, И.С. Шеронова, А.С. Суханов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. Иваново, 2011. Т. 54, вып. 6. С. 105-106.
6. *Лупанов А.П.* Совершенствование, научное обоснование и промышленное освоение технологического процесса производства асфальтобетонных смесей с использованием «старого» асфальтобетона: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08. Ярославль, 2010. 338 с.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ С ОТКЛЮЧАЕМЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

В.М. Ратушный, А.И. Яманин

Научный руководитель – **А.И. Яманин**, д-р техн. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается влияние отключения цилиндров на параметры вибро-активности двигателя и нагрузки на шейки и подшипники коленчатого вала.

***Ключевые слова:** низкочастотная вибрация, отключение цилиндров, регулирование двигателя, нагрузки на шейки и подшипники коленчатого вала.*

THE ENGINES MOTOR DINAMICS WITH CYLINDER COMPONENT DEACTIVATION SPECIAL FEATURES

V.M. Ratushny, A.I. Yamanin

Scientific Supervisor – **A.I. Yamanin**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The cylinder shutdown influence on the parameters of vibration activity of the engine and the loads on crankshaft is considered.

***Keywords:** low-frequency vibration, cylinder shutdown, engine regulation, loads on crankshaft.*

Одним из действенных способов повышения эксплуатационной экономичности и одновременного снижения выбросов токсичных веществ является отключение части цилиндров и/или пропуск вспышек топлива. Данный способ применяется в серийном производстве целым рядом производителей, каждый из которых использует различные устройства для его реализации [1]. При этом единое мнение о рациональном

количестве отключаемых цилиндров до сих пор не выработано. Если ранее существовало мнение о том, что данный метод регулирования подходит исключительно для многоцилиндровых (8 и более цилиндров) двигателей с большими рабочими объемами, то сейчас серийно выпускается рядный четырехцилиндровый двигатель с рабочим объемом 1,4 л, позволяющий экономить 0,4 л на 100 км (Volkswagen TSI 1,4 л). Производители (BMW, Porsche и Cadillac) более крупных двигателей с рабочими объемами от 2,5 до 6 л достигли величины экономии топлива от 25 до 35%.

В настоящее время, помимо топливной экономичности и снижения выбросов токсичных веществ, большое внимание уделяется вопросам о снижении шумо- и виброактивности. Отключение части цилиндров неизбежно будет оказывать влияние на эти (а также другие) динамические характеристики двигателя. Известны работы по низкочастотной вибрации двигателей с отключаемыми цилиндрами [2, 3]; при этом работы по нагруженности кривошипно-шатунного механизма, вибропрочности таких двигателей нам неизвестны.

Экспериментально установлено, что для двенадцатицилиндрового двигателя ЯМЗ-8401 при частоте вращения коленчатого вала в диапазоне $600-800 \text{ мин}^{-1}$ различия с точки зрения повышения топливной экономичности и уровня вибраций являются незначительными при отключении трех, шести или восьми цилиндров. Однако при превышении частоты вращения 800 мин^{-1} наиболее выгодным является режим работы двигателя с тремя отключенными цилиндрами. При этом было замечено некоторое уменьшение низкочастотной вибрации двигателя [2].

Помимо изменения вибрационного состояния двигателя, отключение части цилиндров приводит к изменению нагрузок на шейки и подшипники коленчатого вала. В ходе расчетного исследования двигателя 4СН10,5/12,7 с различными способами отключения цилиндров было определено, что отключение цилиндров способствует снижению нагрузок на коренные шейки и подшипники, причем наибольший эффект достигается при отсутствии газообмена (рис. 1–3) [3].

Несмотря на развитие метода регулирования мощностью двигателя путем отключения части цилиндров и/или пропуском вспышек топлива, недостаточно внимания уделяется вопросам высокочастотной вибрации и вибропрочности. Данная тематика является малоизученной с точки зрения прикладных расчетов двигателей с отключаемыми цилиндрами и представляет интерес для будущих исследований.

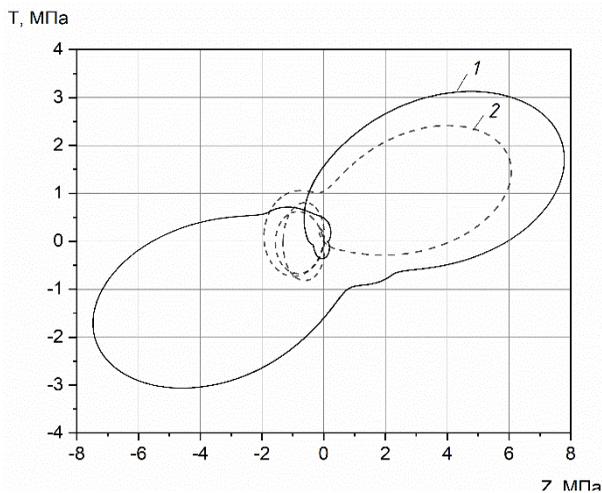


Рис. 1. Векторные диаграммы нагрузок на коренную шейку ($T - Z$) между первым и вторым кривошипами двигателя 4CH10,5/12,7 при работе всех цилиндров (1) и отключении второго и третьего цилиндров (2) (газообмен отсутствует) [3]

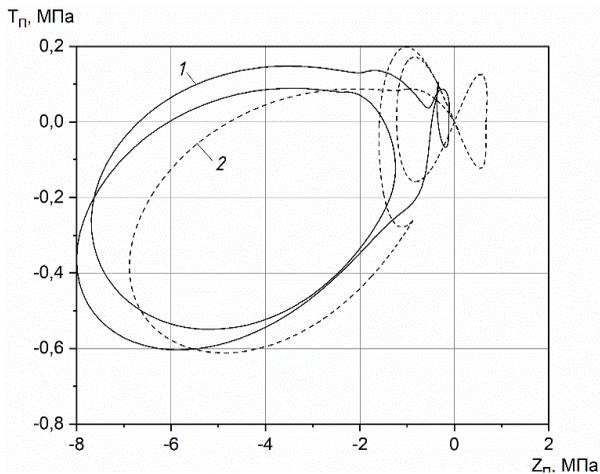


Рис. 2. Векторные диаграммы нагрузок на коренной подшипник ($T_{\Pi} - Z_{\Pi}$) между первым и вторым кривошипами двигателя 4CH10,5/12,7 при работе всех цилиндров (1) и отключении второго и третьего цилиндров (2) (газообмен отсутствует) [3]

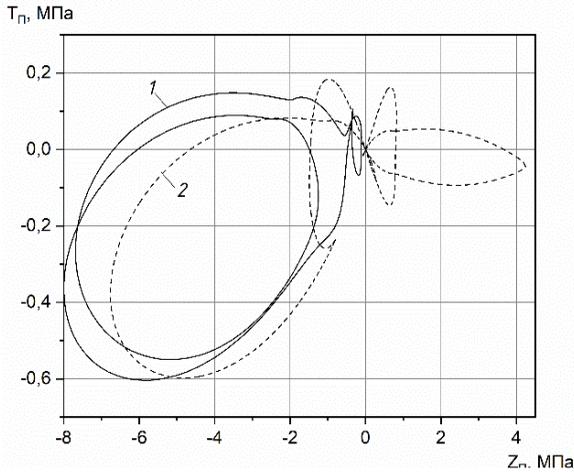


Рис. 3. Векторные диаграммы нагрузок на коренной подшипник ($T_{\text{П}} - Z_{\text{П}}$) между первым и вторым кривошипами двигателя 4ЧН10,5/12,7 при работе всех цилиндров (1) и отключении второго и третьего цилиндров (2); (газообмен присутствует) [3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратушный В.М. Некоторые проблемы разработки двигателей с отключаемыми цилиндрами / В.М. Ратушный, А.И. Яманин // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 996 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Горбунов В.В. Влияние отключения цилиндров дизеля ЯМЗ-8401 на его вибрацию и топливную экономичность / В.В. Горбунов // Вестник РУДН. Сер. 1, Инженерные исследования. 2004. № 1. С. 54-56.
3. Яманин А.И. Особенности динамики двигателей с отключаемыми цилиндрами / А.И. Яманин // Сборник докладов 8-й Международной конференции «Актуальные вопросы морской энергетики». Санкт-Петербург: СПбГМТУ, 2019. С. 175-179.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧУГУНОВ С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОРШНЕЙ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.А. Романычев, А.А. Павлов

Научный руководитель – **А.А. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность применения чугуновых сплавов с вермикулярным графитом для создания поршней высокофорсированных двигателей внутреннего сгорания. Дальнейшее совершенствование поршней и достижение высоких прочностных характеристик в совокупности с требуемыми массово-габаритными показателями стало возможным с развитием литейных технологий и способов проектирования с применением технологий САПР. В результате разработана конструкция монолитного чугунного поршня с диаметром 140 мм.

***Ключевые слова:** чугунный поршень, газовый двигатель, проектирование, литейные технологии.*

APPLICATION OF CAST IRON INCLUDING VERMICULAR GRAPHITE FOR A PISTON OF GAS ENGINE CREATING

D.A. Romanychev, A.A. Pavlov

Scientific Supervisor – **A.A. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of using cast iron alloys with vermicular graphite to create pistons of highly accelerated internal combustion engines is considered. Further improvement of the pistons and the achievement of high strength characteristics in combination with the required mass-dimensional indicators became possible with the development of casting technologies and design methods using SADTP technologies. As a result, the monolithic cast iron piston with a diameter of 140 mm is designed.

***Keywords:** cast iron piston, gas engine, design, foundry technologies.*

Основной целью развития современного двигателестроения является создание двигателей всё большей мощности и всё меньшего удельного веса на единицу мощности, а также снижение вредных выбросов и шума. Поршень является ответственной деталью двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и все требования к двигателю частично переходят на поршневую группу. Увеличение мощности двигателя означает для поршня обеспечение более высоких термо-прочностных требований, устойчивости против изменения конфигурации внешней формы, снижения трения и шума в работе ДВС. Традиционно поршни изготавливают литьём в кокиль или штамповкой [1], например, из материалов: АЛ 25 ГОСТ 2685-75, АК 6 ГОСТ 4784-97, для двухтактных дизелей также применяют легированные чугуны СЧ 24, СЧ 45, ВЧ 45-5. В составных поршнях для головки поршня используют стали 20Х3МВФ. В настоящее время остро стоит проблема в обеспечении работоспособности поршня при максимальном давлении сгорания (P_z) до 24 МПа. Стоит отметить, что поршни из силумина сохраняют работоспособность до 20 МПа [1].

Современное литейное производство обеспечивает литье стенки толщиной не менее 6 мм с обеспечением структуры сплава [2]. Структура чугунного сплава обеспечивается технологией модификации и охлаждением. Чугун обладает рядом достоинств: дешевизна, механическая прочность, стабильность геометрических размеров при неравномерном температурном поле, хорошие антифрикционные свойства в сочетании с недостатками, такими как: большой удельный вес и низкая теплопроводность [2].

В рамках настоящей работы, на основе поршня дизельного двигателя 8ЧН14/14, был спроектирован образец поршня, выполненный из чугунного сплава с вермикулярным графитом (ЧВГ). Особенности конструкции являются: стенки и перемычки толщиной 4 мм, оптимальная форма камеры сгорания, наличие полости охлаждения, уменьшенная длина и толщина пальца по сравнению с прототипом. Первой проблемой данного конструкторского решения являлась масса поршня отличная от прототипа. Для решения данной проблемы было применено твердотельное моделирование с подбором параметров. Массовые характеристики прототипа и образца приведены в табл. 1. Эскиз поршня-прототипа показан на рис. 1. Эскиз проектируемого поршня показан на рис. 2.

Таблица 1 - Массовые характеристики деталей

Деталь	Массы поршня-прототипа, кг	Массы нового поршня, кг
Поршень	3,160	3,606
Палец	1,765	1,286
Поршень с пальцем в сборе	4,925	4,892

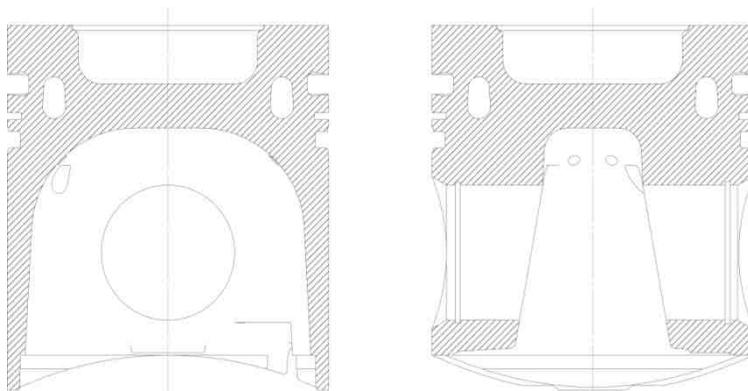


Рис. 1. Эскиз прототипа

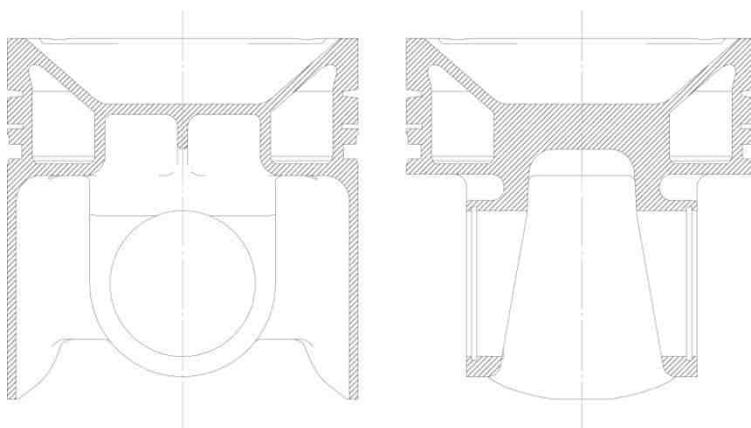


Рис. 2. Эскиз проектируемого поршня

В результате работы была создана конструкция поршня. Предложенное решение может быть использовано в двигателях типа 8ЧН14/14 и ему подобных. При этом масса поршневого комплекта не изменяется, что предполагает низкое влияние масс на динамику двигателя. Стоит отметить, что при разработке замены необходимо обратить внимание на обеспечение необходимой степени сжатия и оптимизации системы масляного охлаждения поршня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; М.: Машиностроение, 2008. 496 с.
2. *Марукович Е.И.* Литейные сплавы и технологии / Е.И. Марукович, М.И. Карпенко. Минск: Беларус. Навука, 2012 442 с.

УДАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРСУНКАХ ДИЗЕЛЕЙ

А.И. Стукова, А.П. Перепелин

Научный руководитель – **А.П. Перепелин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Данная статья посвящена численному исследованию ударных процессов в форсунках дизелей.

Ключевые слова: удар, упругие волны, контактная сила, распылитель, форсунка, дизель.

IMPACT PROCESSES IN DIESEL INJECTORS

A.I. Stukova, A.P. Perepelin

Scientific Supervisor – **A.P. Perepelin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article is devoted to numerical analysis of impact processes in diesel injectors.

Keywords: impact, elasticwave, contactforce, nozzle, injectors, diesel.

Продолжительность работы распылителей форсунок дизелей в значительной степени зависит от износа запирающих конусов распылителя, вызываемого усталостными разрушениями при ударе иглы распылителя о седло. Поэтому при выборе конструктивных параметров распылителей необходимы расчетное и экспериментальное исследования ударных процессов в форсунках.

Принципиальной особенностью ударных процессов в форсунках является распространение волн деформации по ударяющему ступенчатому стержню, включающему иглу распылителя и штангу, и ударяемому, состоящему из нижней части корпуса распылителя. Поэтому при расчете ударных процессов в форсунке рассматривался продольный удар упругого ступенчатого стержня о запирающий конус распылителя с учетом местных деформаций в зоне контакта запирающих конусов.

В процессе удара происходит внедрение запирающего конуса иглы в седло. Наличие местных деформаций в зонах контакта запирающих конусов определяет изменение контактной силы в процессе удара и оказывает влияние на его продолжительность. Зоны местных упругих деформаций при расчете представляются как невесомые пружины, деформации которых соответствуют разности смещений соударяющихся стержней. Для учета местных деформаций необходимо знать зависимость между величиной упругой деформации и контактным усилием.

Герц показал, что если соударяющиеся тела имеют сферическую форму, то с увеличением деформации x сила упругого взаимодействия будет равна:

$$F = cx^{3/2},$$

где c – коэффициент, зависящий от радиусов соударяющихся тел и их материалов.

Модель Герца применима только к абсолютно упругому удару. Имеются обобщения модели Герца путем введения в нее сил вязкого трения [2] и сил сухого трения [3] между частицами соударяющихся тел в зоне контакта. В этих работах обосновывается увеличение сил трения пропорционально упругой силе взаимодействия тел cx^n .

Поэтому для проведения расчетов была использована модель, позволяющая учитывать как вязкие силы, так и силы сухого трения:

$$F = cx^n(1 + b \cdot dx/dt + d \cdot \text{sign}(dx/dt)),$$

где b -коэффициент жидкостного трения;
 d -коэффициент сухого трения.

Расчеты при отсутствии трения приводили к непрерывной последовательности абсолютных ударов. Поэтому в расчет был введен коэффициент жидкостного трения, определенный на основе анализа осциллограмм перемещения иглы после посадки ее на седло. Рассматривалось последовательное затухание отскоков иглы от седла. Сухое трение учитывать нецелесообразно, так как запирающие конуса всегда находятся в топливе. Авторами получена экспериментальная зависимость между упругой деформацией и контактным усилием в зоне запирающих конусов распылителя. Обработкой опытных данных были определены значения коэффициента c для основных моделей распылителей. Показатель степени n получился равным 1,4.

Расчетные зависимости силы удара от времени для основных видов форсунок с пружинным запираением иглы, имеющих различную массу подвижных деталей и скорость при ударе, показаны на рис. 1.

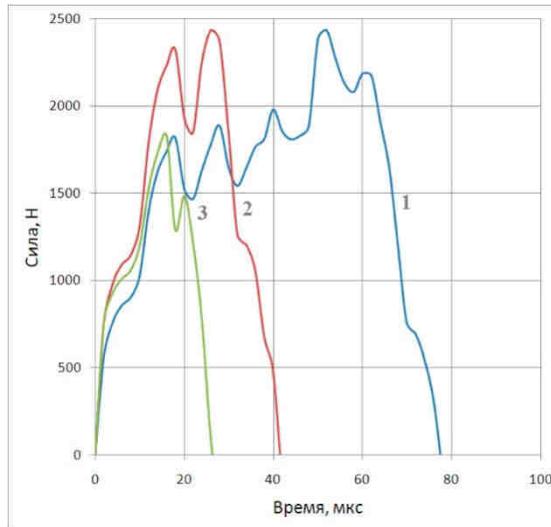


Рис. 1. Зависимость силы удара иглы распылителя о седло в форсунках с пружинным запираем иглы от времени:

- 1 – форсунка дизеля ЯМЗ-236 ($M=25$ г, $V=2,2$ м/с);
- 2 – форсунка дизеля КамАЗ-740 ($M=11$ г, $V=2,8$ м/с);
- 3 – форсунка дизеля ЯМЗ-658 ($M=4$ г, $V=4$ м/с)

С уменьшением массы подвижных деталей *Му* увеличивается скорость иглы V в момент ее посадки на седло. Поэтому максимальная контактная сила $F = 2430$ Н будет одинаковой у форсунок с диаметром иглы 6 мм для дизелей ЯМЗ-236 и КамАЗ-740. При этом у последней масса подвижных деталей более чем в 2 раза меньше. Продолжительность удара у форсунки КамАЗ-740 в ~2 короче вследствие уменьшения длины ударяющего стержня (отсутствия длинной штанги). У форсунки дизеля ЯМЗ-658, с диаметром иглы 4 мм и $M=4$ г максимальная контактная сила довольно значительная (1830 Н), что объясняется высокой скоростью при посадке (4 м/с). Продолжительность удара будет у нее в ~1,5 раза короче, чем у форсунки дизеля КамАЗ-740, из-за меньшей максимальной контактной силы и несколько меньшей длины ударяющего стержня. Поэтому целесообразно использовать форсунки с уменьшенным до 4 мм диаметром иглы. Следует отметить, что максимальная контактная сила при ударе у форсунок с пружинным запираем будет в ~6,5-8,5 больше усилия от начальной затяжки пружины.

В электроуправляемых форсунках аккумуляторных топливных систем (АТС) движение иглы к седлу происходит с постоянной сравнитель-

но невысокой скоростью $V=0,77$ м/с. Поэтому максимальная сила при ударе иглы составляет 690 Н у форсунок с управляющим поршнем (Bosch) и 300 Н у форсунок с камерой управления над иглой (Delphi). После достижения максимального усилия при ударе его снижения не происходит в отличие от форсунок с пружинным запираем (рис. 2). Это связано тем, что после посадки иглы на седло происходит резкий рост давления в камере управления до давления в форсунке и создается сила, увеличивающая контактное усилие в зоне запирающих конусов. Колебания контактной силы постепенно затухают и сила, действующая на седло, приближается к силе от давления топлива, действующего между циклами подачи. Максимальная сила удара составляет здесь всего ~0,6 от постоянной силы, действующей на седло. Таким образом, ударные нагрузки на седло распылителя в электроуправляемых форсунках АТС практически отсутствуют.

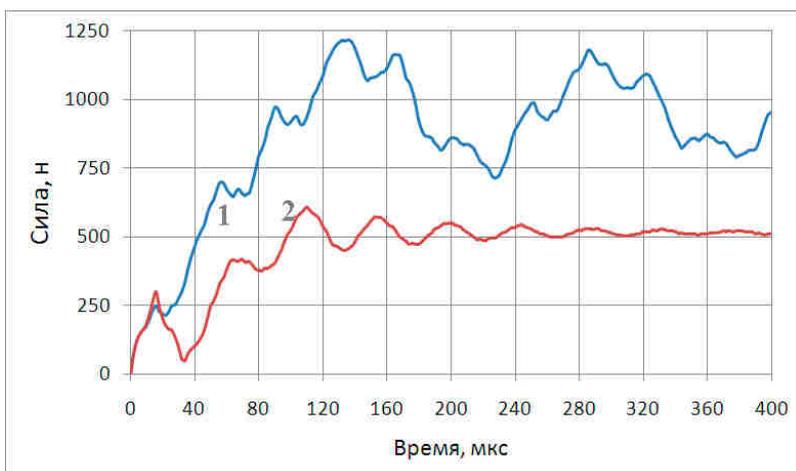


Рис. 2. Зависимость силы удара иглы распылителя о седло в электроуправляемых форсунках АТС при давлении в аккумуляторе 220 МПа и скорости при посадке иглы $V=0,77$ м/с от времени:

- 1 – форсунка Bosch типа CRIN 3.3 с управляющим поршнем ($M=10$ г);
- 2 – форсунка типа Delphi с камерой управления над иглой ($M=3$ г)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов О.Д. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах / О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, В.Э. Кремьянц. М.: Наука, 1985. 357 с.

2. *Hunt K.H., Crossley F.R.E.* Coefficient of Restitution Interpreted as Damping in Vibroimpact. *ASMEJApplMech*, 1975. Pp. 440-445.
3. *Боровин Г.К.* Нелинейная модель коллинеарного удара с сухим трением / Г.К. Боровин, В.В. Лапшин, Е.А. Юрин // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2014. № 46. 14 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Д.Н. Баранов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены проблемы, возникающие при разрушении агрегативно-устойчивых эмульсий. Представлены пути повышения эффективности разрушения эмульсий гидродинамическими способами. Разработан установка для разрушения стойких эмульсий с использованием струйного аппарата.

***Ключевые слова:** разрушение эмульсий, гидродинамика, струйный аппарат.*

THE USE OF HIGH-PRESSURE JET FOR BREAKING OIL-WATER EMULSIONS

D.N. Baranov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The problems arising at aggregatively stable emulsions destruction are considered. The ways of increasing the efficiency of emulsion destruction by hydrodynamic methods are presented. A plant for the destruction of stable emulsions using a jet apparatus was developed.

***Keywords:** break up of emulsions, hydrodynamics, jet apparatus.*

Основным параметром, характеризующим устойчивость эмульсии, является агрегативная устойчивость, измеряемую временем до полного расслоения компонентов эмульсии. Механизм образования таких эмульсий окончательно не исследован. В настоящее время принято несколько основных теорий, объясняющих возникновение агрегативной устойчивости эмульсий. Согласно им, для создания агрегативно-устойчивой эмульсии из двух несмешивающихся компонентов, необходимо присутствие стабилизирующего компонента, способствующего образованию так на-

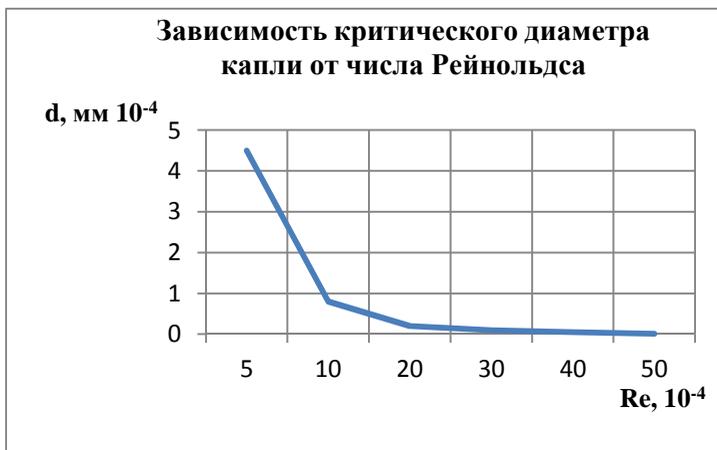
зываемых бронирующих оболочек. К естественным стабилизаторам эмульсий относят содержащиеся в нефти асфальтены, смолы, нафтены и парафины, являющиеся природными ПАВ.

Агрегативная устойчивость большинства водонефтяных эмульсий возрастает с течением времени. Другими словами, на поверхности глобул воды увеличивается слой стабилизирующего компонента и соответственно повышается его механическая прочность. При столкновении таких глобул не происходит их слияния из-за образованной бронирующей оболочки. Для слияния глобул воды слой стабилизирующего компонента должен быть разрушен. Разрушение бронирующих оболочек глобул воды в струе высокого давления происходит благодаря турбулентным пульсациям скорости движущегося потока, масштаб которых λ не превышает критического диаметра капли d_k . Размеры разрушаемых капель и масштаб турбулентных пульсаций должны удовлетворять условиям $\lambda_0 < \lambda \leq d_k$ (здесь λ_0 – внутренний масштаб изотропной турбулентности).

Критический диаметр капли, при которой она не будет разрушаться на составляющие компоненты, находят исходя из соотношения

$$d_{кр} = \frac{19}{v} \left(\frac{\sigma}{\rho_H} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{D}{Re} \right)^{\frac{5}{2}}, \quad (1)$$

Таким образом, при $Re=50000$, $d_{кр}=500$ мкм, при $Re=500000$ $d_{кр}$ менее 1 мкм.



На практике для разрушения таких эмульсий используются различные аппараты, позволяющие создать необходимый турбулентный режим. Однако все они достаточно сложны и трудоемки в эксплуатации.

В результате теоретических исследований был разработан метод разрушения стойких водонефтяных эмульсий в струе высокого давления с использованием струйного аппарата, транспортирующего трубопровода, отбойника и отстойного аппарата. Принцип его действия в следующем: эмульсия под давлением закачивается в струйный аппарат с помощью насоса, смешивается с воздушной смесью. Попадая в диффузор смесь, получая еще большее сжатие, распыляется на отбойник и стекает в отстойный аппарат. Соударение частиц смеси со стенками струйного аппарата приводит к разрушению бронирующих оболочек. Распыление на отбойник повышает эффективность разрушения комплексных капель на капли исходных компонентов. Стекая в отбойник, капли разделенных жидкостей оседают.

Эскиз струйного аппарата, используемого в разработанной установке, представлен на рис. 1.

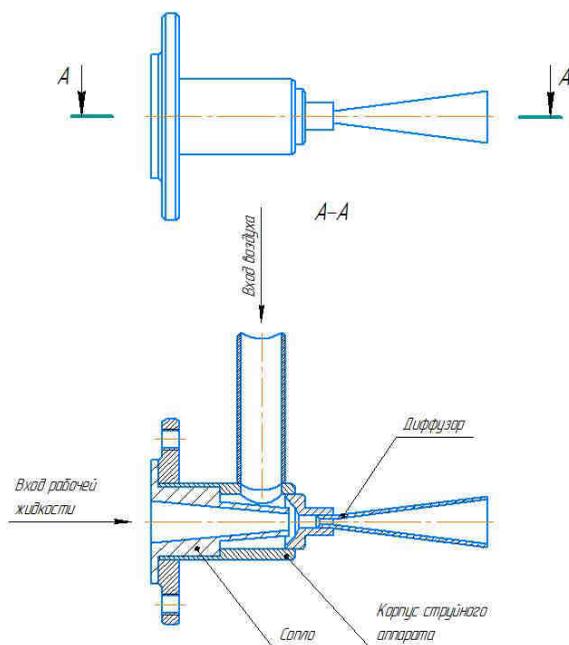


Рис. 1. Эскиз используемого струйного аппарата

Предложенный метод разрушения водонефтяных эмульсий имеет ряд преимуществ перед существующими, как по трудоемкости и стоимости эксплуатации, так и по производительности и времени разделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зимон А.Д.* Коллоидная химия. М.: Агар. 2001. 320 с.
2. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1982. 400 с.
3. *Щукин Е.Д.* Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. М.: Высш. шк., 1992. 414 с.
4. *Воюцкий С.С.* Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 300 с.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

П.П. Буданов, А.А. Павлов

Научный руководитель – **А.А. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается увеличение скоростных показателей автомобиля 2101 для участия в автоспорте. Самый эффективный метод увеличения мощности — это повышение давления впускного воздуха с целью подачи большего количества топлива и, тем самым, мы увеличиваем мощность. Было решено установить турбокомпрессор Toyota ct15 от мотора 1jz и добиться давления наддува 1,5 бара.

Ключевые слова: мощность, наддув, испытания.

DEVELOPMENT OF MEASURES FOR INCREASING THE SPECIFIC CAPACITY OF A CAR ENGINE WITH A FORCED IGNITION

P.P. Budanov, A.A. Pavlov

Scientific Supervisor – **A.A. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The speed characteristics increasing of the automobile 2101-type to participate in motorsport are considered. The most effective method of increasing power is to increase the intake air pressure in order to supply more fuel and, thus, the power increases. It was decided to install the Toyota ct15 turbocharger from the 1jz engine and achieve a 1.5 bar boost pressure.

Keywords: power, boost, test.

В любительском автоспорте распространены соревнования на серийных автомобилях. Лидерами являются, как правило, автомобили зарубежных марок, так как отечественные автомобили имеют худшие базовые динамические показатели. Тем не менее при внедрении ряда дорабо-

ток параметры отечественных автомобилей становятся сопоставимы с зарубежными автомобилями. Особый интерес для модернизации представляет автомобиль Волжского автомобильного завода. В рамках данного проекта для модернизации выбран автомобиль классического семейства ВАЗ-2101. Исходя из всего сказанного, целью работы является разработка мероприятий по увеличению мощности российского двигателя.

Базовый 8-клапанный двигатель рабочим объёмом 1,2 л не обладает достаточным потенциалом для форсирования. В результате предлагается использовать двигатель автомобиля ВАЗ-2112. Данный двигатель рядный, 4-цилиндровый 16-клапанный двигатель ВАЗ-2112, рабочим объёмом 1,5 л, развивающий с заводскими настройками максимальную мощность 68 кВт.

Двигатель 2112 предназначен для переднеприводных автомобилей, что накладывает некоторые конструктивные особенности. При установке на заднеприводный автомобиль потребуется изменить конструкцию коленчатого вала, а именно в хвостовой его части необходимо выполнить проточку под подшипник для первичного вала коробки передач, так как длина первичного вала коробки заднеприводного автомобиля в полтора раза больше первичного вала коробки переднеприводного автомобиля и составляет 420 мм, поэтому ему требуется дополнительная точка опоры в коленчатом валу.

Основным мероприятием по увеличению мощности двигателя является установка турбокомпрессора. По расчётам, для обеспечения требуемой мощности необходим ТК, позволяющий добиться необходимого расхода воздуха 0,2 кг/с. Для этого потребуется избыточное давление 0,15 МПа. При этом можно ожидать увеличения мощности на 150%. Анализ предложений на рынке показал, что для этого пригоден турбокомпрессор Toyotaact15 от мотора 1jz. Он же пригоден для использования с двигателем ВАЗ 2112. При установке данного турбокомпрессора и двигателя была предложена схема индивидуального подвода выхлопных газов от каждого цилиндра трубопроводами одинаковой длины и диаметра (рис. 1).

Мощности базовой топливной системы будет недостаточно. Расчётом установлена требуемая производительность, а анализом выявлено, что для этого пригодны форсунки от Subaru WRX STI 565cc и топливный насос Bosch от Volkswagen. Установка таких форсунок потребует изменить алгоритмы системы управления двигателем, а именно продолжительность открытия форсунок, что приведёт к увеличению подачи топлива. Для установки форсунок был разработан и изготовлен переходник, который позволяет установить более мощные форсунки в штатную топливную рампу. Проводка на стенде выявила, что характеристики распыла обеспечивают полное попадание топливного факела на впускной клапан

двигателя, из-за чего следует ожидать приемлемые характеристики смесиобразования.



Рис. 1. Подключение турбокомпрессора

Описанные мероприятия внедрены в конструкцию автомобиля (рис. 2).



Рис. 2. Установленный модифицированный двигатель ВАЗ 2112 в автомобиле ВАЗ 2101

Для проверки мощностных характеристик выполнены замеры ускорения автомобиля до скорости 100 км/ч при помощи специального прибора Racelogic, который замеряет скорость, положение, ускорение и

направление автомобиля 10 раз в секунду через систему GPS. Во избежание пробуксовки одного из колёс автомобиля, был заварен дифференциал. Для достижения лучших сцепных свойств колёс с асфальтом были установлены на приводную ось спортивные шины повышенного сцепления ToyoProxes R888 в параметрах 195/50 R15. Проведённый эксперимент установил наилучший показатель разгона до скорости 100 км/ч, который равен 5,6 секунды. С двигателем ВАЗ 2101 такой разгон составлял 25 секунд. Данными мероприятиями динамические характеристики автомобиля улучшились в 5 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Селезнёв К.П.* Теория и расчёт турбокомпрессоров / К.П. Селезнёв, Ю.С. Подобуев, С.А. Анисимов. Л.: Машиностроение, 1968. 406 с.
2. *Ханин Н.С.* Автомобильные двигатели с турбонаддувом / Н.С. Ханин и др. М.: Машиностроение, 1991. 336 с.

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ МАРК ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

Д.А. Вилкова, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Систематизированы данные по реакционному получению техуглерода печным способом. По результатам анализа опыта эксплуатации реакторов различного типа предложена новая конструкция, отвечающая современным требованиям.

Ключевые слова: печной реактор, технически углерод, конструирование.

A NEW REACTOR DESIGN FOR OBTAINING ACTIVE SORTS OF TECHNICAL CARBON

D.A. Vilkova, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The data on the reaction of carbon black obtaining by the furnace method were systematized. According to the results of analysis of experience in operation of reactors of various types, a new design has been proposed that meets modern requirements.

Keywords: furnace reactor, carbon black, design.

Технический углерод является высокотехнологичным продуктом химической технологии, постоянно находящий новые области применения. Основное количество выпускаемого печного технического углерода идет на производство резиновых смесей, порошковых и типографских красок, радиоуглеродных композиций. Наибольшим спросом пользуются активные марки техуглерода. Резиновые смеси на его основе идут на изготовление наиболее ответственных элементов автомобильных шин. Это проявляется в повышенном ресурсе ходимости и высоких эксплуатаци-

онных характеристиках продукции. Данный результат достигается за счёт больших капиталовложений в развитие технологии получения техуглерода и совершенствования конструкции реактора.

Печной реактор синтеза техуглерода является ключевым звеном технологической схемы. Находясь в её начале на реактор возлагается целый ряд задач:

- создание высоких температур;
- обеспечение полноты сгорания топлива;
- обеспечение гибкости процесса;
- газонепроницаемость и надёжность в течение длительного времени.

Наиболее крупными отечественными производителями техуглерода являются: АО «ЯТУ им. В.Ю. Орлова», ОАО «Омский завод технического углерода», ОАО «Нижекамск техуглерод». Они же являются лицензиарами технологий и патентообладателями на конструкции печных реакторов. Широкое применение нашли многоканальные реакторы (патент), проточные реакторы (патент), циклонные реакторы (патент). Общим для перечисленных конструкций является наличие стального газонепроницаемого корпуса переменного сечения, имеющего изнутри несколько слоёв футеровки из огнеупорных материалов. По длине печного реактора можно выделить следующие функциональные зоны: загрузки, горения, смешения, реакции, предзакалки и закалки. Данные зоны могут иметь различное конструктивное и материальное исполнение в зависимости от целеполагания. Для сжигания газа используются горелочные устройства различных типов, но все они предусматривают смешение с подогретым воздухом среднего давления. Зона смешения имеет различные варианты сужения и оснащается как ультразвуковыми, так и механическими пневматическими сырьевыми форсунками. При всем этом предполагается достижение за счёт конструкции реактора следующих показателей техуглерода:

- высокой адсорбционной поверхности (110-150 м²/г);
- высокой структурности;
- высокой прочности;
- стойкости к комкованию;
- высокой твердости;
- большого запаса свободной поверхностной энергии.

В рамках данной НИРС была предложена принципиально новая конструкция печного реактора, которая вобрала в себя последние достижения науки и техники и содержит новаторские технические решения. Принципиальная конструкция изображена на рис. 1.

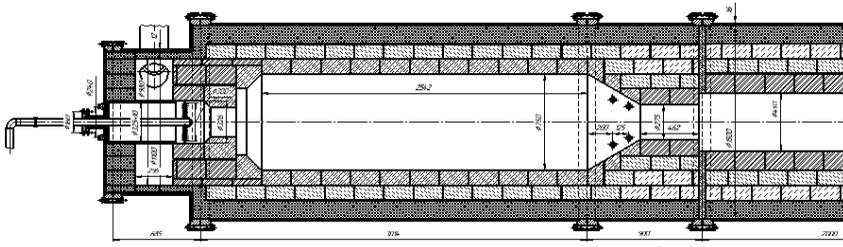


Рис. 1. Фрагмент конструкции большегрузного печного реактора для получения активных марок технического углерода

Одним из нововведений предлагаемой конструкции стало увеличение зоны горения до объема, обеспечивающего полноту сгорания топлива. Диаметр зоны реакции выбран таким, чтобы потоки пламени не вносились в нее на прямую. Для турбулизации раскаленных газов перед смешением с сырьем сделан конический переход с резким уменьшением площади пропускного сечения. В результате этого возникают высокие сдвиговые усилия газового потока, которые позволяют снизить требования к качеству диспергирования сырья форсунками.

Внедрение циркониевых огнеупоров позволило увеличить температуру камеры горения реактора с 1830-1850 °С до 1960-1990 °С и, как следствие, повысить выход техуглерода из сырья на 3-4% абсолютных, а также снизить объем образующихся газов, что позволяет дополнительно увеличить нагрузку реактора по сырью.

С появлением возможности увеличения выпуска углерода проблема дефицита сырья решается вовлечением низкосортных высокомолекулярных компонентов, вплоть до мазута. При таком техническом приеме на 6% сократился расход газа, расход воздуха в реактор уменьшился на 7%, а расход закалочной воды на 16%. Исходя из снижения расходов воздуха и воды объем образующихся газов дополнительно снизился не менее чем на 10%. Уменьшение доли газа в техуглеродном аэрозоли имеет большой практический эффект, так как существенно снижается нагрузка на сепарационное оборудование – циклоны и рукавный фильтр. Также в рамках программы повышения эффективности реактора в зоне загрузки было смонтировано горелочное устройство для сжигания вспомогательного сырья.

Подводя итоги разработки новой конструкции печного реактора, отметим, что сокращение топочного газа, воздуха и воды дают экономический результат, имеет место и экономия электроэнергии. Несмотря на высокую стоимость циркониевых огнеупоров простые расчёты показы-

вают, что срок окупаемости футеровки одного реактора составляет не более 1,5 месяца, а межремонтный пробег увеличивается с 1,0 до 1,5 лет.

Данные проектно-изыскательские работы проводились под руководством ООО «ТОГ» и были частично внедрены на ОАО «Омский завод технического углерода».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Орлов В.Ю.* Производство и использование технического углерода для резин / В.Ю. Орлов, А.М. Комаров, Л.А. Ляпина. Ярославль: АР, 2002. 511 с.
2. *Ивановский В.И.* Процессы и аппараты. Дополнительные материалы к учебному пособию. Омск, 2014. 100 с.
3. *Ивановский В.И.* Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. Омск: ОАО «Техуглерод», 2004. 228 с.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ

А.А. Аминова, К.Е. Дуркина, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Выполнен анализ критериев выбора информационных параметров процесса смешивания сыпучих компонентов щеточными элементами. В том числе описано влияние обобщенных конструктивно-режимных характеристик указанного процесса на эффективность работы аппарата с подвижной лентой и гравитационного смесителя.

Ключевые слова: процесс, смешивание, сыпучая смесь, щеточные элементы, подвижная лента, гравитация, параметры.

THE QUESTION ABOUT THE CHOICE OF THE MIXING PROCESS OF THE BULK COMPONENTS PARAMETERS

A.A. Amineva, K.E. Durkina, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the selection criteria for the information parameters of the process of mixing loose components with brush elements is performed. Also, the influence of the generalized design-mode characteristics of this process on the performance of the apparatus with a movable tape and a gravity mixer is described.

Keywords: process, mixing, loose mix, brush elements, mobile tape, gravity, parameters.

Эффективность работы проектируемого смесительного оборудования сыпучих сред напрямую зависит от ряда информационных параметров, определяющих процесс смешивания соответствующих компонентов. Как правило, к набору информационных параметров технологи-

ческого процесса относятся входные, выходные, конструктивные и режимные. Общие принципы алгоритмизации технологического процесса, выделяемые академиком В.В. Кафаромым, применены в работе [1] для процесса получения однородных сыпучих смесей. К этим принципам относится и ограничение числа степеней свободы процесса. Встает проблема или оптимизации основных параметров изучаемого процесса, или определения рациональных диапазонов их изменения. Задача выбора набора информационных параметров связана с выявлением условий эффективного смешивания, анализ которых целесообразно проводить с помощью обобщенных конструктивно-режимных параметров проектируемого устройства.

На различных этапах формирования инженерных методик расчета смесителей со щеточными элементами (как при построении теоретической базы процесса, так и на этапе ее сравнительного анализа с опытными данными) удастся выделить один или два указанных обобщенных параметра. В случае с гравитационным аппаратом [2-4] таковым является степень деформации бил, имеющих винтовую навивку на поверхности вращающегося смесительного барабана, который расположен над наклонным лотком аппарата. При этом навивки выполнены в противоположных направлениях с двух концов барабана. Описанный параметр равен отношению длины бил к высоте зазора между барабаном и направляющим лотком. В случае эксплуатации аппарата с подвижной лентой [5], над которой закреплен вращающийся барабан с однонаправленной навивкой бил, кроме аналогичного параметра вводится фрикционный. Последний связан в инженерной методике расчета параметров смесителя с модифицированным критерием Фруда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капранова А.Б. Основные принципы алгоритмизации математического описания технологических процессов / А. Б. Капранова, А.И. Зайцев. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. Ярославль, 2013. 104 с.
2. Капранова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721.
3. Stochastic modeling of bulk components batch mixing process in gravity apparatus / I. Verloka, A. Kapranova, M. Tarshis, S. Cherpitsky // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). 2018. V. 9(2). P. 438-444; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2>

4. *Kapranova A.* On the features of estimating the coefficient of inhomogeneity of a loose mixture during the operation of a gravitational device / A. Kapranova, I. Verloka // J. Chem. Eng. Process Technol. 2018. V. 9. P. 53. (DOI) 10.4172/2157-7048-C3-018.
5. *Капранова А.Б.* Моделирование критерия качества смеси в объеме барабанно-ленточного устройства / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, И.И. Верлока // Хим. и нефтегаз. машиностроение. 2018. Т.54. № 5. С. 3-9.

К АНАЛИЗУ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Д.Д. Бахаева, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются основные принципы математического моделирования технологических процессов на примере подбора параметров для процесса смешивания сыпучих материалов в смесителях со стационарным режимом работы.

Ключевые слова: моделирование, математическая модель, смешивание, сыпучие материалы, технологические параметры, смесители.

THE ANALYSIS OF THE BASIC PRINCIPLES OF MATHEMATICAL SIMULATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

D.D. Bakhaeva, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the basic principles of mathematical simulation of technological processes on the example of the selection of parameters for the process of mixing loose materials in mixers with a stationary mode of operation.

Keywords: modeling, mathematical model, mixing, loose materials, technological parameters, mixers.

Модель (от лат. *modulus* «мера, аналог, образец») – это система, исследование которой является средством получения информации о другой системе, то есть абстрактное представление некоторого реального процесса, устройства или концепции. Предназначением модели служит представ-

ление определённых аспектов реальности в какой-либо форме (например, в математической, физической, символической, графической или дескриптивной), позволяющее получить ответы на изучаемые вопросы.

Математические модели представляют собой совокупность взаимосвязанных математических и формально-логических выражений, отображающих реальные процессы и явления (например, физические и т. д.). По форме представления бывают: аналитические (поиск решения происходит в виде функциональных зависимостей), численные (решение представляет собой дискретный ряд чисел), формально-логические (описанные на формальном языке) [1].

Основные цели моделирования:

- описание объекта через изучение его структуры и свойств;
- объяснение поведения объекта и способов управления им;
- прогнозирование поведения в результате воздействия на объект.

Модели технологических процессов могут быть:

– детерминированными (описывающие закономерности физико-химических процессов поведения объекта, основанные на факторах, имеющих достаточно точное описание или оценку);

– стохастическими (реальность отображается как случайный процесс, в котором строится прогноз поведения объекта на основе функций распределений параметров, определяющих изучаемые свойства);

– статическими (применение методов математической статистики к входным и выходным параметрам, полученным опытным путем);

– аналитическими (описание поведения объекта с помощью явных аналитических зависимостей);

– численными (исследование поведения объекта с помощью частных решений в конкретных условиях);

– имитационными (имитация поведения объекта с использованием средств ЭВМ).

В качестве примера стохастической модели технологического процесса можно привести математическое описание процесса смешивания сыпучих веществ в виде дифференциальных функций распределения по углам распыливания [2]. Эффективность стохастических моделей в значительной степени определяется качественным выполнением всех этапов эксперимента (выдвижение гипотезы, планирование, проведение, обработка результатов и т.д.).

Математическое моделирование процесса смешивания сыпучих материалов является актуальной проблемой, что объясняется широким кругом задач проектирования оборудования по переработке указанных сред для химической, фармацевтической, строительной, пищевой и дру-

гих отраслей промышленности. Сущность механического процесса смешивания сыпучих материалов заключается в перемешивании сыпучих компонентов до требуемой степени однородности. Наибольшее влияние на этот процесс оказывают конструктивные и режимные факторы, поэтому целесообразно провести исследование по выявлению зависимостей выходных переменных от них [3].

Алгоритм технологического процесса в смесителях со стационарным режимом работы включает в себя следующие шаги.

1. В смеситель с множеством конструктивных параметров технологического процесса $a = \{a_{j_1} = const\}$, $j_1 = \overline{1, u_1}$ с помощью дозатора подаются два потока сыпучих компонентов: транспортирующий с набором входных переменных $\{x_1(t)\}$ и ключевой $\{x_2(t)\}$ из множества, регламентируемого областью изменения

$X = \{x_1^- \leq x_1 \leq x_1^+; x_2^- \leq x_2 \leq x_2^+\}$ при $x(t) = \{x_1(t), x_2(t)\}$:

$$x_1(t) = \{Q_{m1}(t), \gamma_1(t)\}; \quad (1)$$

$$x_2(t) = \{Q_{m2}(t), \gamma_2(t)\}, \quad (2)$$

где $Q_{m1}(t), Q_{m2}(t)$ - массовые расходы, а $\gamma_1(t), \gamma_2(t)$ - массовые доли компонентов 1 и 2 потоков.

2. Происходит рост поверхностей сдвига s в перерабатываемых материалах при их турбулентных характерах за время смешения τ_s . Этот рост производится при подводе энергии E , которая тратится на: изменение положений частиц, разрыв внутренних связей между ними, диффузный перенос с коэффициентом D , когда в набор режимных параметров $b = \{b_{j_2}\}$, $j_2 = \overline{1, u_2}$ с возможным варьированием $b \in B$ включаются $b = \{s, E, D, \tau_s\}$.

3. Готовая смесь из двух компонентов выводится из смесителя с набором выходных переменных $y(t)$ с заданным множеством $Y = \{y_3^- \leq y_3 \leq y_3^+\}$:

$$y_3(t) = \{Q_{m1}(t), Q_{m2}(t), \gamma_1(t), \gamma_2(t), V_c\},$$

когда массовые доли для компонентов потоков 1 и 2 в сыпучей смеси задаются значениями $\gamma_1(t), \gamma_2(t)$ её составляющих при массовых расходах $Q_{m1}(t), Q_{m2}(t)$ и требуемом показателе коэффициента однородности V_c .

Согласно (1) и (2), совокупность входных/выходных переменных, конструктивных и режимных параметров представляет собой множество информационных $z(t) = \{x(t), y(t), a, b\}$:

$$z(t) = \left\{ \begin{array}{c} \overbrace{Q_{m1}(t), Q_{m2}(t), \gamma_1(t), \gamma_2(t), V_c}^{y(t)}, \\ \underbrace{\{a_{j1} = const\}}_{x(t)}, \\ \underbrace{\{s, E, D, \tau_s\}}_a \\ \underbrace{\hspace{10em}}_b \end{array} \right\}. \quad (3)$$

В частности, в соответствии с (3) можно выбрать число оптимизирующих переменных $S_{\text{опт}} = 2$ для $\{a, Q_{m2}(t)\}$ с поиском пяти базисных $\{V_c, s, E, D, \tau_s\}$. Кроме того, следует учитывать, что a может быть не одним конструктивным параметром, а целым их набором при $j_1 = \overline{1, u_1}$ [4, 5].

Таким образом, математическое моделирование процесса смешивания сыпучих материалов является оптимальным методом повышения эффективности процессов дозирования и смешивания позволяющее:

- разрабатывать новые способы и устройства для экспериментального определения кинематических коэффициентов внутреннего трения сыпучих материалов;
- совершенствовать энергетический подход к описанию движения сыпучих материалов в сложных силовых полях;
- проводить исследования по организации упорядоченного смешивания компонентов, как склонных, так и не склонных к сегрегации [2];
- провести исследования весового порционного дозирования с целью повышения точности двух- [5] или трехстадийного [2] весового непрерывного дозирования сыпучих материалов и упрощения аппаратурного оформления данной технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уёмов А.И. Логические основы метода моделирования / А.И. Уёмов. М.: Мысль, 1971. 311 с.
2. Капранова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721.
3. Капранова А.Б. Основные математические способы проектирования технологических процессов: Учеб. пособие / А.Б. Капранова. Ярославль: Издат.дом ЯГТУ, 2014. 176 с.
4. Жиделева Ю.С. О выборе информационных переменных некоторых механических технологических процессов / Ю.С. Жиделева, О.А. Аверьянова, А.Б. Капранова // Юбилейная 70-я всеросс. науч.-техн. конф. ЯГТУ студентов, магистран-

тов и аспирантов с международным участием: сб. материалов конф.: В 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Электронные текстовые данные. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. 791 с.

5. *Капанова А.Б.* Основные принципы алгоритмизации математического описания технологических процессов: Учеб. пособие / А.Б. Капанова, А.И. Зайцев. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. 104 с.

О СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЖАТИЯ СТРУИ ЖИДКОСТИ

А.С. Брыкалов, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложен способ моделирования коэффициента сжатия струи жидкости в форме модифицированного выражения А.Д. Алытұлы с учетом степени открытия осевого клапана и набора конструктивных параметров его сепаратора жидкостной среды.

***Ключевые слова:** кавитация, осевой клапан, коэффициент гидравлического сопротивления, коэффициент сжатия струи.*

THE METHOD OF SIMULATION OF THE COEFFICIENT OF LIQUID FLOW COMPRESSION

A.S. Brykalov, A.M. Melzer, S.V. Neklyudov, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method for simulating the compression ratio of a liquid flow in the form of a modified expression of A.D. Alsitul is proposed taking into account the degree of opening of an axial valve and a set of design parameters of its fluid separator.

***Keywords:** cavitation, axial valve, hydraulic resistance coefficient, coefficient of compression of a liquid flow.*

Вопросы оценки коэффициента гидравлического сопротивления имеют особую актуальность при стохастическом моделировании процесса образования кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана и последующей разработке инженерной методики его расчета. Указанная актуальность подтверждается соответствующими функциональными зависимостями между пропускной способностью клапана и

коэффициентом гидравлического сопротивления для проходного сечения [1]. Реализация процесса дросселирования потоков рабочей жидкостной среды предполагает их истечение из суживающихся каналов. Известно, что плоская форма данных каналов при турбулентном течении жидкости допускает применение формулы Борда [1] при расчете описанного коэффициента, в которой присутствует коэффициент сжатия струи. Последний параметр имеет несколько эмпирических интерпретаций для оценки, в частности, авторства А.Д. Альштуля, В.В. Ведерникова, К.В. Химицкого [1, 2]. Все эти оценочные формулы связывают коэффициент сжатия струи с со степенью ее сжатия, как отношением площадей сечений суженного к начальному.

Предлагается при расчете гидравлического сопротивления [3] в режиме турбулентного движения жидкости для сечения дроссельного канала в сепараторе осевого клапана площадь сечения широкого условного канала вычислить через внутренний и внешний диаметры выходного сечения делителя потока с учетом кольцевого и щелевого течений среды. При этом зависимость коэффициента сжатия струи принимает форму модифицированного выражения А.Д. Альштуля, в котором степень сжатия струи является функцией от степени открытия клапана и рассчитывается в зависимости от набора конструктивных параметров сепаратора. К последним относятся: его внутренний и внешний диаметры, толщина, число дроссельных отверстий в одном ряду и соответствующее дуговое расстояние между ними, число этих рядов, диаметр дроссельных отверстий, расстояние между их рядами. Данный способ расчета используется при вычислении коэффициента гидравлического сопротивления в переходной области течения среды и применяется при моделировании энергии стохастического движения кавитационных пузырей в осевом клапане [4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзуманов Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления / Э.С. Арзуманов. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
2. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // *Фундам. исследования*. 2016. № 4 (1). С. 52-60. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40125>
3. Qualitative evaluation of the coefficient of hydraulic resistance in the area of the divider of the fluid flow of the axial valve / A. Kapranova, S. Neklyudov, A. Lebedev, A. Melzer // *International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET)*, 2018. V 9(8). P. 153–159. URL: <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=8>
4. Determination of the average parameters of cavitation bubbles in the flowing part of the control valves / A. Kapranova, A. Lebedev, A. Melzer, S. Neklyudov // *International*

Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET), 2018. V 9(3). P. 25–31. URL: <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=3>

5. Investigation of the energy of the stochastic motion of cavitation bubbles in the separator of the axial valve, depending on the degree of its opening / A. Kapranova, S. Neklyudov, A. Lebedev, A. Melzer // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET), 2018. V. 9(8). P. 160–166. URL: <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET &VType=9&IType=8>

О СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ЩЕТОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

А.А. Воронцов, И.И. Верлока, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализированы основные современные аналитические способы расчета коэффициента неоднородности сыпучей смеси, которые основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований. Показаны примеры оценки качества смеси с помощью стохастических описаний процесса смешивания сыпучих компонентов в щеточных устройствах.

Ключевые слова: коэффициент неоднородности, сыпучая смесь, смеситель, щеточные элементы, процесс, модель.

THE MODERN METHODS OF QUALITY CONTROL OF THE BULK MIXTURES ON THE EXAMPLE OF WORK OF THE BRUSH DEVICES

A.A. Vorontsov, I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main modern analytical methods for calculating the inhomogeneity coefficient of a loose mix are analyzed, which are based on the results of theoretical and experimental studies. Shown examples of assessing the quality of the mixture using stochastic descriptions of the process of mixing loose components in brush devices.

Keywords: heterogeneity coefficient, bulk mix, mixer, brush elements, process, model.

Оценка качества смеси [1] является актуальной проблемой при разработке конструкций аппаратов для смешивания сыпучих материалов.

Известны три способа решения данной проблемы: экспериментальный (с привлечением специальных технических средств оптической, полярографической и т.п. направленности); аналитический (на основе результатов математических описаний процесса получения смеси или опытных данных); компьютерный (с помощью программных продуктов).

К одному из основных этапов формирования аналитических методов оценки качества готовой смеси относится выбор критерия расчета. Как правило, это либо среднеквадратичное отклонение массового содержания ключевого компонента в опытной пробе или коэффициент ее неоднородности. Развитие методов стохастического описания процесса смешивания сыпучих компонентов в их рабочих объемах при образовании разреженных потоков [2-3] позволяет разработать методики расчета последнего коэффициента в зависимости от физико-механических свойств смешиваемых сред и конструктивно-режимных параметров смесителя.

Коэффициент неоднородности сыпучей смеси может быть рассчитан с помощью полученных в соответствующих моделях дифференциальных функций распределения числа частиц по углу их разбрасывания после взаимодействия со щеточными элементами. Например, возможно применение моделей [2-3] для указанных целей [4- 6], если щеточные элементы по отношению к вращающемуся барабану расположены: радиально [4]; с винтовой навивкой в одном направлении [5]; с винтовой навивкой в противоположных направлениях от его торцов [6]. Практическое значение указанных методик занимает особое место при проектировании смесительного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макаров Ю.И.* Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.А. Макаров. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
2. *Капранова А.Б.* Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721.
3. Stochastic modeling of bulk components batch mixing process in gravity apparatus / I. Verloka, A. Kapranova, M. Tarshis, S. Cherpitsky // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET), 2018. V. 9(2). P. 438-444; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2>
4. Математическая модель механики движения сыпучих материалов в разреженных потоках аппаратов с эластичными рабочими элементами / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, И.О. Кузьмин // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. Иваново, 2012. Т. 52, вып. 5. С. 111-113.
5. *Капранова А.Б.* Моделирование критерия качества смеси в объеме барабанно-ленточного устройства / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, И.И. Верлока // Хим. и нефтегаз. машиностроение. 2018. Т. 54. № 5. С. 3-9.

6. Исследование качества смеси на первой стадии работы аппарата гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, П.А. Яковлев, Д.Д. Бахаева // РХЖ (Журн. хим. общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62, № 4. С. 48-50.

К РАСЧЕТУ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ УГЛОВ ПРИ УДАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФАКЕЛА СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ С ОТБойНИКОМ

П.А. Гусев, К.А. Гуров, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются результаты предложенного способа расчета характеристических углов при ударе о наклонную поверхность разреженных факелов сыпучих компонентов, образованных после взаимодействия с гибкими билами. При этом использовано соотношение между коэффициентом восстановления и углом наклона отбойника.

***Ключевые слова:** смешивание, сыпучая среда, удар, отбойник, коэффициент восстановления.*

CALCULATION OF CHARACTERISTIC ANGLES BY IMPACT INTERACTION OF THE FLARE OF THE BULK MEDIUM WITH THE BUMP STOP

P.A. Gusev, K.A. Gurov, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of the proposed method for calculating the characteristic angles upon impacting the inclined surface of the rarefied flares of loose components formed after the interaction from flexible brushes are analyzed. The relationship between the recovery coefficient and the angle of inclination of the bump stop is used.

***Keywords:** mixing, bulk medium, impact, bump stop, recovery coefficient.*

При формировании инженерной методики расчета смесителя сыпучих компонентов, основанного на гравитационном принципе, требуется описание движения сыпучей среды при работе дополнительных смесительных устройств. К последним относятся смесительный барабан с гибкими билами и наклонная отбойная поверхность. Для формирования

математической модели поведения частиц смешиваемых компонентов в разреженных факелах [1, 2], образующихся в рабочем объеме смесителя, необходимо получить зависимость между набором характеристических углов. В частности, выполнение оценки угла отражения для усредненного направления движения разреженного факела после его взаимодействия с наклонной отбойной поверхностью проводится в зависимости от усредненного угла рассеивания для налетающего на данный отбойник потока сыпучего материала. Заметим, что указанный налетающий поток частиц образован после срыва с гибких бил вращающегося барабана, установленного над направляющим лотком гравитационного аппарата. Вычисление искомого угла отражения производится с учетом усреднения по потокам частиц, полученным при срыве с нескольких бил смесительного барабана, а также соотношения между коэффициентом восстановления и углом наклона отбойной поверхности [3, 4]. Максимальное значение угла рассеивания для каждого из смешиваемых компонентов связано с расчетом приращения угла разбрасывания при взаимодействии с гибкими билами вращающегося барабана на основе стохастического подхода. При этом использован набор дифференциальных функций распределения числа частиц по углу рассеивания [1, 2, 5] для множества деформируемых гибких бил смесительного барабана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капранова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721.
2. Stochastic modeling of bulk components batch mixing process in gravity apparatus / I. Verloka, A. Kapranova, M. Tarshis, S. Cherpitsky // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). 2018. V. 9(2). P. 438-444; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2>
3. Оценка параметра восстановления ударно-взаимодействующих потоков твердых дисперсных сред с наклонным отбойником / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. Иваново, 2013. Т. 56, вып. 8. С. 111-113.
4. Капранова А.Б. О способе оценки угла отражения потока сыпучего компонента от отбойной поверхности / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29 : сб. трудов 29-й Междунар. науч. конф. в 12 т. Т. 5. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т; Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), СПбПУ, СПИИРАН; Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2016. С. 52-55.
5. Kapranova A. On the features of estimating the coefficient of inhomogeneity of a loose mixture during the operation of a gravitational device / A. Kapranova, I. Verloka // J. Chem. Eng. Process Technol. 2018. V. 9. P. 53. (DOI) 10.4172/2157-7048-C3-018.

К РЕГРЕССИОННОМУ АНАЛИЗУ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧЕЙ СМЕСИ ПОСЛЕ УДАРА КОМПОНЕНТОВ ОБ ОТБОЙНИК

Я.В. Екимов, И.И. Верлока, А.Б. Капанова

Научный руководитель – **А.Б. Капанова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются экспериментальные результаты оценки качества смесей при получении регрессионных зависимостей коэффициента неоднородностей от угла наклона отбойной поверхности и других параметров процесса трехстадийного смешивания сыпучих компонентов в аппарате гравитационного типа.

Ключевые слова: смешивание, гравитационный аппарат, сыпучие компоненты, удар, отбойник, уравнения регрессии.

REGRESSION ANALYSIS OF THE UNIFORMITY DEGREE OF A BULK MIXTURE AFTER AN IMPACT OF COMPONENTS WITH THE BUMP STOP

Ya.V. Ekimov, I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The experimental results of evaluating the quality of mixtures are analyzed when obtaining regression dependencies of the heterogeneity coefficient on the angle of the bump stop surface and other parameters of the process of three-stage mixing of loose components in a gravity-type apparatus.

Keywords: mixing, gravity apparatus, loose components, blow, bump, regression equations.

Одной из основных задач экспериментального исследования любого технологического процесса является установление факторов и условий, определяющих эффективность выполняемой производственной операции. Для успешной реализации процесса смешивания неувлажненных сыпучих компонентов, относящихся к категории зернистых сред и имеющих I-III класс сыпучести по методике Керра, выполнен ряд опытных исследований на установке гравитационного типа. Описание данной

установки, включающей дополнительные смесительные элементы в виде щеток на вращающемся барабане и наклонные отбойники, приводится в работе [1]. Кроме выявления описанных выше факторов и условий требуется выяснить целесообразность применения трех стадий смешивания зернистых сред [2] для получения смесей с объемно-весовым соотношением 1:10 и более.

В результате выполненных теоретических исследований [3-5] были выявлены следующие значимые параметры процесса смешивания: угловая скорость вращения смесительного барабана с закрепленными на его поверхности щетками, степень деформирования щеточных элементов Δ (как отношение длины била к высоте барабанно-лоткового зазора), ширина навивки бил на поверхности барабана, угол наклона отбойника. Выполнение модельных экспериментов по смешиванию природного песка ГОСТ 8736-93 и манной крупы ГОСТ 7022-97 позволило получить следующие регрессионные уравнения для зависимости коэффициента неоднородности $V_{C\tau}$ от угла наклона отбойника ψ_1 для каждой стадии $\tau=1,2,3$ изучаемого процесса при $\Delta=1,5$ и следующих значениях угловых скоростей барабана: 46 с^{-1} ($\nu=1$) и 49^{-1} ($\nu=2$). В частности, получено: $V_{C11}=15-3,6\psi_1+1,6\psi_1^2$; $V_{C12}=13,5-0,4\psi_1-0,07\psi_1^2$; $V_{C21}=12,3-4,3\psi_1+2\psi_1^2$; $V_{C22}=11,4-2,47\psi_1+1,07\psi_1^2$; $V_{C31}=7,9-2,2\psi_1+\psi_1^2$; $V_{C32}=7,05-0,48\psi_1+0,1\psi_1^2$. При росте ψ_1 в пределах (0,87-1,04) рад независимо от стадии значение $V_{C\tau}$ снижается на 0,1 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верлока И.И. Экспериментальные исследования процесса трехстадийного смешивания сыпучих сред 1:10 в разреженных потоках / И.И. Верлока, А.Б. Капранова // Междунар. студ. научн. вестник, 2015. № 3. С. 199-200.
2. Исследование качества смеси на первой стадии работы аппарата гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, П.А. Яковлев, Д.Д. Бахаева // РХЖ (Журн. хим. общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62, № 4. С. 48-50.
3. Kapranova A. On the features of estimating the coefficient of inhomogeneity of a loose mixture during the operation of a gravitational device / A. Kapranova, I. Verloka // J. Chem. Eng. Process Technol. 2018. V. 9. P. 53. (DOI) 10.4172/2157-7048-C3-018
4. Капранова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпчих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721.
5. Stochastic modeling of bulk components batch mixing process in gravity apparatus / I. Verloka, A. Kapranova, M. Tarshis, S. Cherpitsky // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET), 2018. V. 9(2). P. 438-444; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСУДОВ И АППАРАТОВ

В.Е. Заболотный, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлен список изменений и правок в нормативном документе ГОСТ 34347-2017, а также причины их введения.

***Ключевые слова:** ГОСТ, нововведения, приложения, редакции, новые требования, международные нормы.*

CURRENT STATUS OF REGULATORY DOCUMENTS. CHANGES IN THE FIELD OF DESIGNING VESSELS AND APPARATUS

V.E. Zabolotny, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – **Yu.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The list of changes and revisions in the regulatory document GOST 34347-2017 and the reasons for their introduction are considered.

***Keywords:** GOST, innovations, applications, editions, new requirements, international standards.*

Сосуды и аппараты, работающие под давлением, всегда считались оборудованием повышенной опасности. В связи с этим, к ним предъявляются повышенные требования при изготовлении, монтаже и эксплуатации. Основы разработки данных аппаратов были заложены еще в СССР. Был разработан отраслевой стандарт ОСТ 26-291 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия», последняя редакция которого вышла в 1994 г. В связи с изменениями в законодательстве отраслевые стандарты утратили силу. Поэтому на замену ОСТ 26-291-94

в 2006 на территории РФ был принят новый нормативный документ – ГОСТ Р 52630-2006. Данный документ основан на вышеупомянутом ОСТе с рядом правок и дополнений. ГОСТ Р 52630 пережил 2 редакции от 2012 и 2015 года.

В настоящее время в связи с образованием таможенного союза и необходимостью соответствия требованиям международного технического регламента, был создан новый нормативный документ. Межгосударственным советом был утвержден ГОСТ 34347-2017. Данный документ введен впервые. Подготовлен на основе ГОСТ Р 52630-2012, с рядом существенных изменений, касающихся улучшения качества и повышения безопасности химического оборудования. Параллельно с ним в силу вступили взаимодополняющие его два документа на расчет сосудов и аппаратов: ГОСТ 34233.[1-12] и ГОСТ 34283.

Рассмотрим наиболее важные нововведения и изменения в ГОСТ 34347-2017.

Впервые оговорено, что ГОСТ 34347 распространяется на аппараты, рассчитываемые по ГОСТ 34233.[1-12] и ГОСТ 34283, то есть никакие другие расчеты, в том числе по европейским и американским нормам, не допускается использовать для обоснования надежности сосудов и аппаратов, изготовленных по ГОСТ 34347.

Уточнен выбор расчетной температуры стенки сосуда, которая при положительных температурах равна рабочей температуре стенки.

Сделано уточнение по поводу использования плоских днищ из поковок. Теперь данное требование распространяется только на сосуды 1-4 группы. То есть, для сосудов 5 группы (сосудов, работающих под налив) допускается изготовление плоских днищ из листового проката.

Из ГОСТа убрали требование о недопустимости расположения отверстий на пересечениях швов, так как на самом деле отверстием вырезается пересечение швов и, тем самым, удаляется концентратор напряжения.

При приварке опор и других элементов к корпусу аппарата при наличии разного структурного класса металлов корпуса и опоры, приварку необходимо выполнять через подкладной лист из металла того же структурного класса, что и корпус аппарата.

При подборе опор теплообменников с трубным пучком, необходимо подбирать опору с учетом 1.5 массы пучка в пересчете на продольную силу, во избежание повреждения опоры при извлечении пучка.

В раздел о приварке накладных пластин к корпусам добавлены четкие требования к размерам дренажных отверстий: минимальный диаметр отверстия – 6 мм, ширина не проваренного участка сварного шва 15-20 мм.

Добавлен пункт по обязательной теплоизоляции колец жесткости, так как на практике неоднократно наблюдались случаи разрушения частично теплоизолированных колец жесткости, в следствии значительных температурных напряжений.

Введено требование о том, что материалы, используемые для изготовления корпусов сосудов и аппаратов, работающих под давлением, должны быть в термообработанном состоянии.

Ужесточены требования к размерам листов для изготовления обечайек сосудов 1, 2 групп (количество продольных сварных швов, минимальная ширина вставки).

Впервые указано, что направление вальцовки листа при изготовлении обечайки, должно проводится только по направлению прокатки.

Запрещено использование заготовок из литья для изготовления фланцев.

Добавлены требования к стыковым швам, перекрываемым угловыми швами приварки внутренних и наружных элементов – длина перекрытия не должна превышать 3 ширины шва.

Впервые указаны требования по точности швов биметаллических сосудов.

Касаемо термической обработки сварных швов из низколегированных кремний марганцовистых сталей введено важное уточнение. При проведении сопутствующего подогрева толщина стенки аппарата, не требующая термообработки при сварке увеличена до 38 мм.

Добавлено требования обязательного 100% контроля сварных швов УЗК или РД в сосудах с быстросъемными крышками.

Добавлено требование к классу точности манометров (класс не ниже 1.5), используемых при проведении испытаний сосудов и аппаратов.

Добавлена формула расчета для пневматических испытаний криогенных сосудов.

Добавлено новое приложение – «Испытания металла и сварных соединений на ступенчатое охлаждение», что является важным для сосудов, работающих в условиях колебаний высоких температур.

Введено важное дополнение в паспорта сосудов. При выборе формы паспорта, в соответствии с новым ГОСТ, необходимо руководствоваться не рабочим, а расчетным давлением, что отражено в названии паспорта.

Для сосудов, работающих с расчетным давлением свыше 0,05МПа и вакуумом в форму паспорта добавлен раздел «Испытания сварных соединений».

Данные изменения являются результатом многолетнего опыта и отражают текущую степень развития данной отрасли в целом и направлены на увеличение безопасности вновь изготавливаемого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34347-2017. 104 с.
2. ГОСТ Р 52630-2012. 83 с.
3. ОСТ 26 291-94.

ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ГРАВИТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Крыцков, И.И. Верлока, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализированы основные принципы работы гравитационного устройства для смешивания не увлажненных сыпучих компонентов в соотношении 1:10 и более, оснащенного дополнительными смесительными элементами. Предложен способ визуализации процесса переработки сыпучих компонентов в данном аппарате с помощью программного 3D-моделирования.

***Ключевые слова:** сыпучая смесь, гравитационное устройство, щеточные элементы, наклонная отбойная поверхность, процесс, визуализация.*

WORKING PRINCIPLE FEATURES OF THE BULK MATERIALS GRAVITY MIXER

A.V. Krytskov, I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The basic principles of the operation of a gravity device for mixing non-wetted bulk components in a ratio of 1:10 or more are analyzed, equipped with additional mixing elements. A method for visualization of the processing of bulk components in this apparatus using software 3D modeling is proposed.

***Keywords:** loose mix, gravity device, brush elements, sloping baffle surface, process, visualization.*

В процессе получения многих продуктов пищевого, химического, фармацевтического производства и строительной индустрии часто применяются технологические составы, относящиеся к категории сыпучих смесей в регламентируемом соотношении компонентов. От однородности данных рабочих веществ напрямую зависит качество готового продукта. Например, при производстве стекла, ряда пищевых приправ, минеральных удобрений, строительных составов и т.п. требуется объемно-весовое

соотношение составляющих разнородных сыпучих материалов 1:10 и более. В том числе для указанных целей используются зернистые материалы с размерами округлых частиц $(1,5-4,0) \cdot 10^{-4}$ м из I-III классов сыпучести по методике Керра [1, 2]. При переработке таких материалов целесообразно процесс их смешивания проводить механическим способом в непрерывном режиме. Осуществление данного процесса смешивания может быть энергетически менее затратным при использовании скольжения сыпучих компонентов по направляющим наклонным лоткам под действием силы тяжести. При этом возникает две основные сложности: предотвращение сегрегационных эффектов и реализация порционного дозирования смешиваемых сыпучих компонентов. Как показали выполненные исследования указанного процесса [3, 4], решение данных задач связано: (1) с выбором типов дополнительных смесительных устройств, гарантирующих качественное смешивание на лотках, и (2) с разработкой способа добавления порций компонента с большим содержанием (ключевого компонента) в готовой смеси в сыпучий продукт на промежуточных этапах получения регламентного состава. Первая задача решается с помощью дополнительных устройств двух видов: а) щеточных элементов, закрепленных по винтовой линии на вращающихся барабанах, которые установлены над каждым лотком; б) наклонных отбойников, испытывающих удар разреженных потоков частиц разносортных компонентов. Вторая задача предполагает расчет объемов порций ключевого компонента и добавление последних на лотки [5] при переходе на новый этап. В работе показана целесообразность применения трех таких этапов согласно выполненной визуализации исследуемого процесса с помощью 3D-САПР Autodesk Inventor professional 2018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов П.И. Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет / П.И. Лукьянов. М.: Химия, 1974. 184 с.
2. Капранова А.Б. Механическое уплотнение тонкодисперсных материалов / А.Б. Капранова, А.И. Зайцев. М.: Экон-информ, 2011. 247 с.
3. Верлока, И.И. Экспериментальные исследования процесса трехстадийного смешивания сыпучих сред 1:10 в разреженных потоках / И.И. Верлока, А.Б. Капранова // Междунар. студ. научный вестник, 2015. № 3. С. 199-200.
4. Капранова А.Б. Об оценке содержания ключевого компонента после ударного рассеивания сыпучих материалов на начальном этапе порционного смешивания / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. № 3. 2016. С. 78-83.
5. Пат. 2586126 РФ, МПК В01F3/18. Смеситель сыпучих материалов гравитационного типа / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.И. Верлока. Оpubл. 10.06.2016. Бюл. № 16.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОНСТРУКЦИИ ОСЕВОГО КЛАПАНА С ПОВОРОТНЫМ ЗАПИРАЮЩИМ ОРГАНОМ

М.Ю. Куликовский, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова

Научные руководители –
А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, доцент;
А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлена краткое описание конструктивных особенностей регулирующего клапана прямооточного типа с поворотным запирающим органом, выполненным в виде коаксиального цилиндра по отношению к цилиндрическому сепаратору, с эллиптической формой дроссельных отверстий.

***Ключевые слова:** регулирующий клапан, процесс, дросселирование, сепаратор, запирающий орган, дросселирующие отверстия.*

THE PECULIARITIES OF THE DESIGN OF AXIAL VALVE WITH ROTARY LOCKING MEMBER

M.Yu. Kulikovskiy, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisors –
A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A brief description of the design features of a direct-flow control valve with a rotary locking member made in the form of a coaxial cylinder with respect to a cylindrical separator, with an elliptical shape of choke holes is presented.

***Keywords:** control valve, process, throttling, separator, locking member, throttling openings.*

В период санкционной активности в отношении отечественных производителей и потребителей особую актуальность приобретает проблема импортозамещения, в том числе трубопроводной арматуры. Про-

тивопоставление зарубежным аналогам регулирующих устройств ведущих мировых компаний возможно только на основе системно-структурного анализа процессов, сопровождающих работу данного оборудования. В случае регулирующих клапанов особое внимание уделяется вопросам решения конструктивным способом задачи снижения влияния кавитационных эффектов, возникающих в их проточной части [1]. Эффективное осуществление процесса дросселирования потоков рабочей жидкой среды (когда падение давления потока наблюдается при сужении каналов его истечения) возможно в случае применения осевых клапанов, к преимуществам эксплуатации которых относятся [2]: компактность конструкции, осесимметричность течения, низкий уровень вихреобразования, невысокое гидравлическое сопротивление в сравнении с другими типами регулирующих устройств. Предложенная конструкция регулирующего клапана прямооточного типа [3] включает следующие основные элементы: корпус, входной и выходной каналы с фланцами, сепаратор (делитель потока), запирающий орган, соединенный рычагом с поворотным приводом. Указанный сепаратор представляет собой полый перфорированный цилиндр с дроссельными отверстиями с эллиптической формой, размещенных на поверхности делителя кольцевыми рядами. Причем большие полуоси данных эллипсов расположены вдоль осей рядов. Запирающий орган – тоже цилиндр, внешний коаксиальный к сепаратору. Дополнительная особенность конструктивного исполнения описанных двух элементов – сепаратора (внутреннего цилиндра) и запирающего органа (внешнего цилиндра) – заключается в отсутствии перфорации в их центральных частях, чтобы при повороте внешнего цилиндра относительно оси внутреннего присутствовало несколько стадий открытия клапана: полное закрытие, частичное перекрытие или полное открытие дроссельных отверстий сепаратора. Указанная конструктивная особенность клапана позволяет более плавно регулировать процесс изменения степени его открытия в сравнении с сепараторами, имеющими круглые отверстия [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О способах оценки критических параметров кавитации в регулирующих органах при транспортировании рабочих сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Е.М. Серов // *Фундам. исследования*. № 3 (3), 2016. С. 488-494. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084>
2. *Солопов С.А.* К вопросу о проектировании регулирующих клапанов / С.А. Солопов, А.М. Мельцер, А.Б. Капранова // *Инженерный вестник Дона*. 2015. № 3. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3069
3. Патент 2618150 РФ, МПК F16K 3/24. Регулирующий клапан прямооточного типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.

4. Конструктивные особенности новых регулирующих клапанов прямооточного типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капанова, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов, Д.В. Воронин // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4090>

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИСКОВОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МАСЕЛ

А.Н. Малышев, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс депарафинизации рафинатов селективной очистки. Применение дискового кристаллизатора. Гидродинамика потока сырья в дисковом кристаллизаторе.

***Ключевые слова:** депарафинизация, дисковый кристаллизатор, метод конечных элементов.*

PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF DISK CRYSTALLIZER FOR OIL DEPARAFFINATION

A.N. Malyshev, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of selective refining deparaffination is considered as well as the disk crystallizer application and hydrodynamics of the flow of raw materials in the disk mold.

***Keywords:** deparaffination, disk crystallizer, finite element method.*

Для получения масляных фракций пригодных для применения при отрицательных температурах рафинаты селективной очистки подвергаются депарафинизации. Это достигается путем кристаллизации твердых углеводородов при охлаждении раствора рафината специально подобранным растворителем. Наиболее важным процессом при депарафинизации является процесс кристаллизации. Качество получаемого в этом процессе

продукта влияет на скорость фильтрования и содержание масла в целевом продукте. Необходимо получить крупные кристаллы правильной формы. Для этого должны быть созданы подходящие условия. Размеры кристаллов зависят от вязкости раствора, скорости его охлаждения и концентрации раствора.

Процесс депарафинизации состоит из следующих основных стадий: растворения сырья, нагрева полученного раствора, охлаждения раствора до температуры кристаллизации, фильтрования.

Исходное сырьё (рафинат селективной очистки) насосом через подогреватель и холодильник подаётся в регенеративный кристаллизатор, где охлаждается в масле. Студнеобразный парафин расплавляется при температуре на 15-20 °С выше температуры плавления, а затем при охлаждении переходит в парафинигольчатой структуры.

По выходу из кристаллизатора первой ступени сырьё смешивается с охлажденным фильтратом второй ступени и подается в кристаллизатор второй ступени, охлаждаемый аммиаком или пропаном. Полученная суспензия с твердыми кристаллами направляется в емкость первой ступени фильтрования, а из нее самотеком в барабанный вакуум-фильтр первой ступени. Барабан фильтра частично погружается в суспензию. Парафин осаждается на его поверхности виде лепешки, а фильтрат просачивается через ткань и по трубкам выводится из барабана под действием вакуума. Далее фильтрат прокачивается через последующие два кристаллизатора и три теплообменника. Полученная суспензия направляется на вакуум-фильтр второй ступени. Образующийся фильтрат собирается в емкости некондиционного масла, а осадок промывается растворителем от остатков масла. Полученное некондиционное масло идет на смешение к сырью в кристаллизатор первой ступени. Полученная после второй ступени суспензия очищается от кристаллов льда и остатков растворителя. Растворитель регенерируется в колоннах по трехступенчатой схеме.

Для депарафинизации масел используются поверхностные кристаллизаторы и кристаллизаторы смешения. Чаще применяются кристаллизаторы с поверхностным теплообменом. Для кристаллизации парафинов применяются скребковые аппараты двух типов: «труба в трубе» и кожухотрубчатые, имеющие площадь поверхности теплообмена от 70 до 340 м². В кристаллизаторах типа «труба в трубе» по внутренним трубам движется охлаждаемый раствор масла, а в кольцевом зазоре между внешней и внутренней трубой противотоками движется охлаждающий фильтрат депарафинизированного масла. Такие регенеративные кристаллизаторы обеспечивают более мягкие условия охлаждения не вызывая получения раствора, поэтому устанавливаются в первой ступени, во второй ступени устанавливаются кожухотрубчатые кристаллизаторы. Одна труба размещена по центру, а шесть по окружности. В его межтрубном

пространстве в качестве хладагента используется аммиак, этан, пропан. По центру трубы находится составной скребковый вал, состоящий из секций.

Особое место в этом ряду занимают дисковые кристаллизаторы. Использование дискового кристаллизатора позволяет снизить себестоимость продукции. Дисковый кристаллизатор является аппаратом с непрерывным технологическим режимом. Он представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат с охлаждающими дисками, внутрь которых в качестве хладагента подается фильтрат - раствор охлажденного депарафинизированного масла. Диски делят аппарат на секции. Сырьё движется в противоточном направлении внутри корпуса, перемещаясь из секции в секцию через зазоры у стенки аппарата или около вала. На каждом диске расположены по два скребка, которыми удаляются образовавшиеся кристаллы.

Интерес к дисковым кристаллизаторам объясняется тем, что в ходе промышленной эксплуатации подтверждены значительные преимущества дискового аппарата и технологии на основе его применения над существующим аналогом - кристаллизатором «труба в трубе» по технологическим, энергетическим показателям и конструктивной надежности. Основные показатели производительности улучшились следующим образом: увеличился выход депарафинизированного масла; снизилось содержание масла в гаче; скорость фильтрования суспензии увеличилась.

Одним из основных параметров управления процессом кристаллизации является скорость охлаждения рафината селективной очистки. Гидродинамический режим перемешивания раствора сырья оказывает непосредственное влияние на кинетику кристаллизации. Для уменьшения скорости охлаждения необходимо внести в конструкцию аппарата изменение – увеличить объем проточной части (рабочей зоны), занятой сырьевым потоком.

Начальным этапом в решении проблемы является изучение гидродинамической картины. Основным инструментом в этом является программно-вычислительный комплекс COMSOL Multiphysics, реализующий концепцию метода конечных элементов. Была создана геометрическая модель потока сырья в дисковом кристаллизаторе с последующей дискретизацией треугольными элементами различных размеров.

Течение описывается уравнениями Навье-Стокса.

На поверхностном графике (рис. 1) показана величина поля скоростей, светлые линии являются линиями тока поля скоростей.

Форма зон рециркуляции, которые визуализируются с помощью линий тока, изменяется с увеличением угловой скорости.

Результаты расчета угловой скорости для 3D модели представлены на рис. 2.

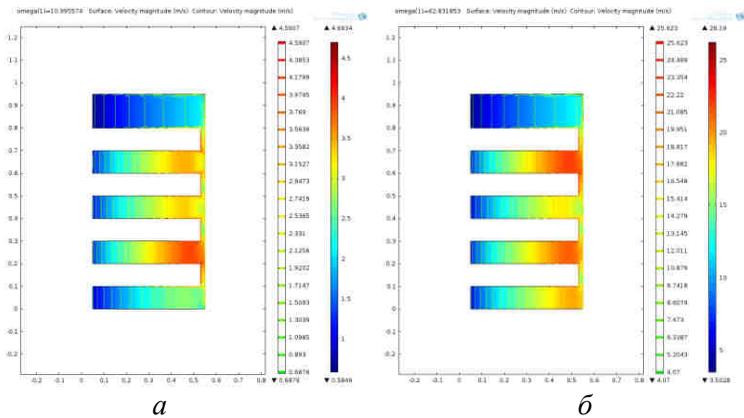


Рис. 1. Результаты расчёта:
a - для угловой скорости $\omega = 3,5\pi$ рад/с;
б - для угловой скорости $\omega = 20\pi$ рад/с

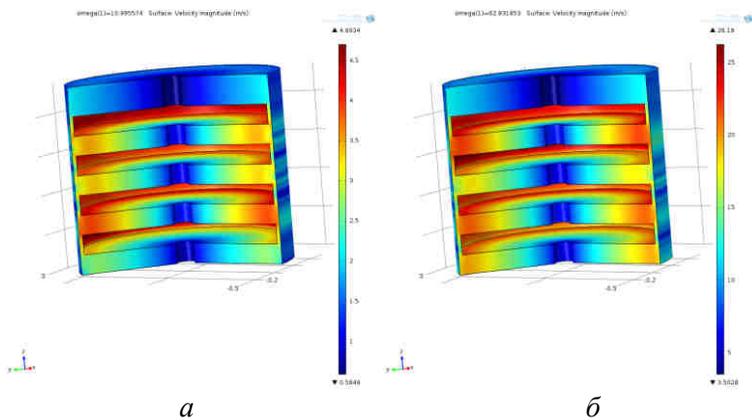


Рис. 2. Результаты расчёта в трехмерном измерении:
a - для угловой скорости $\omega = 3,5\pi$ рад/с;
б - для угловой скорости $\omega = 20\pi$ рад/с

Форма зон рециркуляции, которые визуализируются с помощью линий тока, изменяется с увеличением угловой скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимиров А.И.* Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: Учеб.пособие для вузов / А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов, С.А. Круглов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. 227 с.
2. Справочник нефтепереработчика: Справочник / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. Л.: Химия, 1986. 648 с.

УДК 621.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ МНОГОПОТОЧНОЙ 3D ПЕЧАТИ

А.В. Михрютин, В.В. Михрютин

Научный руководитель – **В.В. Михрютин**, канд. техн. наук,
доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

В статье производится анализ конструкций устройств для многопоточной печати методом FDM. Предлагается конструкция быстродействующей печатающей головки со сменными экструдерами.

Ключевые слова: FDM-технологии, устройства многопоточной печати, многоцветная печать

MULTITHREAD 3D PRINT DEVICES UPGRADING

A.V. Mikhryutin, V.V. Mikhryutin

Scientific Supervisor – **V.V. Mikhryutin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

Paper analyzes the design of devices for multithread printing with the FDM method. A high-speed printhead with interchangeable extruders design is proposed.

Keywords: FDM technology, multicolor printing, multiextruder printing.

Одним из направлений развития современного машиностроения является развитие методов быстрого прототипирования. Наибольшее распространение получила технология FDM (Fusing Deposition Modeling, FDM) – технология послойного наплавления.

Популярность этот метод стал благодаря простоте в сравнении с другими методами печати, требующих использования сложной техники. Путем дальнейшего развития FDM является использование нескольких материалов при печати детали.

Благодаря печати несколькими материалами возможно получить: многоцветные модели из одного материала; модели, построенные из нескольких материалов; модели с растворимой поддержкой; модели, части которых построены с разной точностью при помощи выходных отверстий разных диаметров (оптимизация времени построения). В последнем случае для более ответственных поверхностей используют меньшее сечение сопла, а для меньшей точности – например, для заполнения детали – больший диаметр сопла.

Для печати несколькими материалами используют следующие конструкции, основанные на различных принципах работы, которые можно подразделить на следующие категории.

К первой категории относятся машины, использующие несколько экструдеров, с соплами, расположенными на одном уровне, каждое из которых оснащено отдельными системами подачи пластиковой нити. К этой категории принадлежит, например, конструкция «Chimera» [1]. В этой конструкции две пластиковые нити подаются в два независимо работающих экструдера. В такой конструкции возможна печать материалами с разными температурами плавления.

Похожий принцип используется в устройстве «Kraken» [2], но число сопел в нём увеличено до 4. Также вместо воздушного охлаждения применяется водяное.

Недостатками таких устройств является сложность выравнивания сопел по высоте и возможность порчи детали нерабочим соплом.

Ко второй категории относятся конструкции имеющие подачу нескольких нитей на один экструдер. Одна из печатающих головок этого класса – «Cyclops» [1]. Материал выдавливается через единственный экструдер. Обычно подаётся две – три различных пластиковых нити.

Другие схожие конструкции позволяют использовать большее число нитей и имеют специальные механизмы для смешивания различных пластиков. Тем самым появляется возможность придать пластику практически любой цвет.

Устройства данной категории имеют ряд недостатков. При помощи такой конструкции невозможно печатать материалами с различными точками плавления. Также такие конструкции требуют прочистки экструдера при смене рабочей нити.

К третьей категории относятся конструкции различной сложности с отводом сопел. В [3] при выведении рабочих сопел в активное состояние вначале поворотный механизм выводит сопло в центральное положение и затем оно выдвигается толкателем. При смене рабочего сопла толкатель перемещается вверх и сопло поднимается пружиной. Недостатком данного устройства является низкое быстродействие, поскольку выдвигание сопла в рабочее положение производится в

результате двух последовательных действий – поворота платформы и выдвигания толкателя. При этом платформа является довольно массивной и имеет большой момент инерции, что обуславливает значительные затраты времени на ее разгон и торможение.

В [4] вывод рабочего сопла и отвод неактивного выполняется синхронно при помощи механизма «шестерня-рейка».

В широко известных отечественных принтерах «Пикассо» используется поворотный механизм отвода рабочих сопел [5].

Для устранения перечисленных недостатков предложено быстродействующее устройство многопоточной печати методом FDM, основанное на использовании малоинерционного кулачкового механизма для выдвигания рабочего сопла [6] (рис. 1).

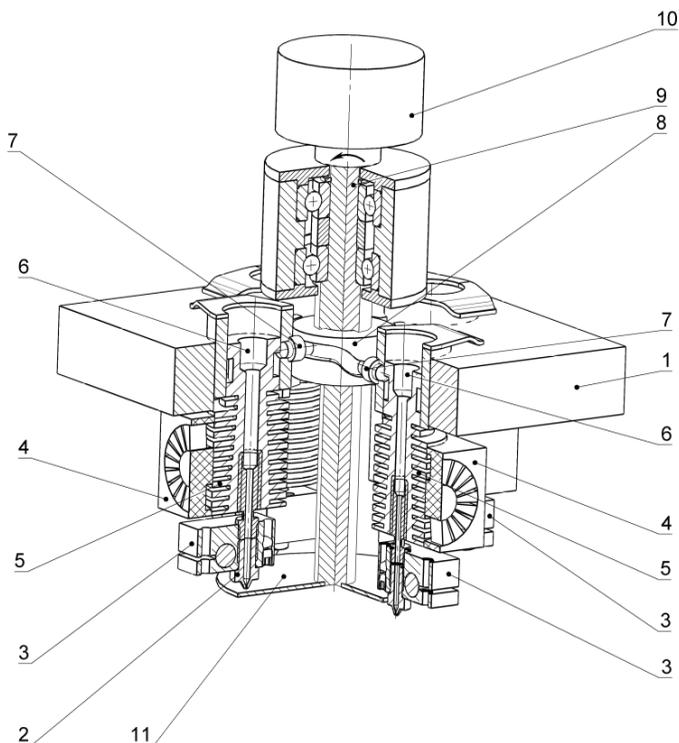


Рис. 1. Предлагаемое устройство

Устройство состоит из корпуса 1, закрепленного на каретке 3D-принтера. В корпусе 1 выполнены направляющие 6 экструдеров 3, расположенные по окружности вокруг поворотного вала 9 с кулачком 8.

При смене рабочего сопла приводом 10 поворачивается вал 9 и кулачок 8 на заданный угол ϕ .

Пальцы 7 при вращении торцевого кулачка 8, в соответствии с профилем его паза, периодически перемещают ползуны 9 с радиаторами 5 и соплами 2, на величину h вдоль оси линейных направляющих 9.

Кулачок 8 имеет профиль паза, обеспечивающий одновременное выдвижение только одного экструдера.

При этом нерабочие сопла экранируются отсекающим диском 11, предохраняя модель от повреждения за счет случайного вытекания пластика из нерабочего сопла 2.

На рисунке показан вариант устройства для четырех экструдеров, однако число экструдеров может уменьшено или увеличено. Минимальное число экструдеров – два, а максимальное ограничено только допустимыми габаритами устройства. В данной конструкции становится возможным использование полноразмерных экструдеров версии 6.

Использование предлагаемого устройства позволит создать быстродействующую печатающую головку, работающую печать двумя, тремя и большим количеством экструдеров по методу FDM-технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cyclops & Chimera Documentation [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.e3d-online.com/Cyclops_%26_Chimera_Documentation. Дата обращения 16.03.2019.
2. Kraken Documentation [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.e3d-online.com/Kraken_Documentation. Дата обращения 16.03.19.
3. ZHANG SUJUAN, WANG CHANGQING. Multicolor 3D (Three-Dimensional) printer. Патент CN203713081U. Заявл. 08.02.2014. Оpubл. 06.07.2014.
4. Automatic exchange device for color extrusion systems of 3D printer [Текст]/ XIONG D. Пат. CN105538730 (Китай), МКИ⁷ В29С 67/00; заявитель и патентообладатель. Shenzhen Langu Weiqi Tech Co Ltd.. Заявл. 3.03.2016. Оpubл. 4.05.2016.
5. *Исупов В.В.* Печатающая головка струйного 3D принтера / Полезная модель РФ № 161249, МКИ⁷ В29С 67/00, 2016. Заявл. 04.09.2015, опубл. 10.04.2016. Бюл. № 10.
6. *Михрютин В.В.* Печатающая головка струйного 3D принтера / В.В. Михрютин, А.В. Михрютин Заявка на выдачу патента на полезную модель №2019102635 МКИ⁷ В29С 67/00. Заявл. 31.01.2019.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

А.В. Михрютин, В.В. Михрютин

Научный руководитель – **В.В. Михрютин**, канд. техн. наук,
доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

В статье на основе анализа существующих токарных обрабатывающих центров предлагается новая конструкция, обладающая повышенной жесткостью и виброустойчивостью.

Ключевые слова: Токарный обрабатывающий центр, жесткость, виброустойчивость.

DEVELOPMENT OF A NEW DESIGN OF A MACHINING CENTER

A.V. Mikhryutin, V.V. Mikhryutin

Scientific Supervisor – **V.V. Mikhryutin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

Paper analyzes the design of turning milling machines. A design of a machine for compound operations is proposed.

Keywords: Turning machining center, stiffness, vibration resistance.

Одним из направлений развития современного машиностроения является широкое внедрение в производство станков-обрабатывающих центров.

Обрабатывающие центры позволяют концентрировать технологические операции на одном станке. Это дает повысить точность изготовления деталей за счет обеспечения постоянства базирования и минимизировать затраты времени на транспортировку деталей между станками и их установку.

Одной из наиболее перспективных конструкций токарных обрабатывающих центров являются обрабатывающие центры DMG-MoriSeiki серии NT [1]. Станок реализует ряд передовых конструкторских решений, однако имеет большое число последовательно соединенных подвижных узлов в цепи фрезерной головки, что снижает жесткость и виброустойчивость станка.

Данный станок позволяет выполнять широкий набор операций, в том числе комплексные, получаемые одновременным вращением инструмента и заготовки [2].

Известна конструкция салазок [3], в которой поперечные направляющие установлены на поворотной платформе. Данная конструкция создает трудности в управлении поворотом салазок.

Известна также конструкция [4], имеющая отдельные токарную и фрезерную части. Данное решение значительно увеличивает площадь, занимаемую станком и затрудняет монтаж станка.

В токарном обрабатывающем центре [5] фрезерная головка устанавливается в наклонных направляющих каретки. Недостатком конструкции является значительная высота суппортного узла с инструментальной головкой и большое число последовательно соединенных подвижных узлов что снижает жесткость и виброустойчивость конструкции.

Наиболее перспективным является конструкция станка, предложенного в [6].

Недостатком данного станка является размещение шпиндельной бабки на крестовом столе, что также снижает его жесткость и виброустойчивость.

Для устранения недостатков описанных выше конструкций был предложен токарный обрабатывающий центр [7], в котором шпиндельная бабка установлена в дополнительных линейных направляющих станины, перпендикулярных линейным направляющим станины и суппорта, а шпиндельная инструментальная головка с приводом ее поворота установлена на поперечных салазках.

Предложенный токарный обрабатывающий центр (рис. 1) состоит из станины 1 с продольными линейными направляющими 2 оси Z, в которых установлен суппорт 3. Суппорт 3 имеет поперечные линейные направляющие 4 поперечных салазок 5 оси X. Привод линейных перемещений суппорта 3 и поперечных салазок 5 осуществляется электродвигателями 6 и 7 соответственно.

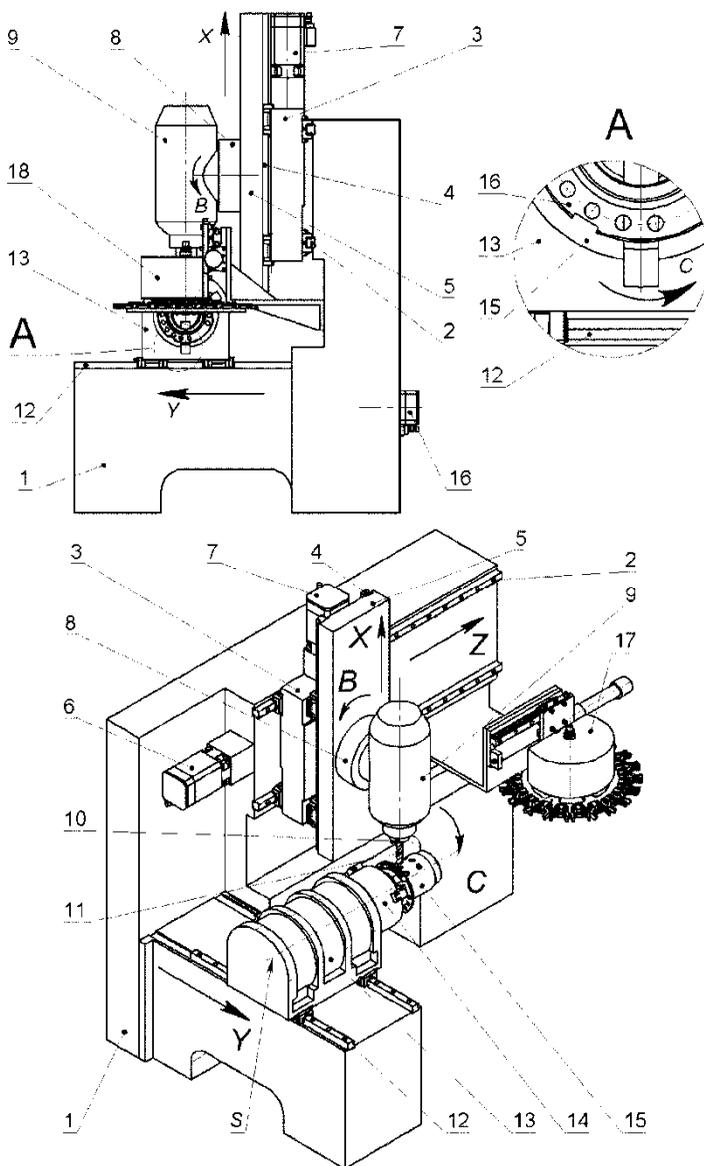


Рис. 1. Токарный обрабатывающий центр

На поперечных салазках 5 смонтирован привод поворота 8 шпиндельной инструментальной головки 9 вокруг круговой оси В. В шпинделе 10 инструментальной головки 9 устанавливается инструмент 11.

Станина 1 имеет также дополнительные линейные направляющие 12 оси Y, расположенные перпендикулярно линейным направляющим 2 станины 1, а также линейным направляющим 4 суппорта 3. В дополнительных линейных направляющих 12 установлена шпиндельная бабка 13 со шпинделем, на котором закреплен кулачковый патрон 14. Вращение шпинделя осуществляется относительно управляемой оси С.

В данном техническом решении последовательно соединены три подвижных узла – суппорт поперечные салазки и поворотная шпиндельная инструментальная головка, а шпиндельная бабка установлена только на одних направляющих, что считается достаточно жесткой конструкцией. Поэтому данное техническое решение позволяет повысить жесткость и виброустойчивость токарного обрабатывающего центра по сравнению с известными конструкциями.

Использование предлагаемого устройства позволит создать токарный обрабатывающий центр для обработки коротких деталей с повышенной жесткостью и виброустойчивостью относительно существующих конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gregory Hyatt, Abhijit Sahasrabudhe / CNC machines, adjustable tools for CNC machines, and methods of operating an adjustable tool on a cnc machine // Патент US20120152069A1. Заявл. 14.12.2011. Оpubл. 21.06.2012.
2. Gregory A. Hyatt, Nitin Chaphalkar / Compound Machining Method and Apparatus// Патент US20170123408A1. Заявл. 11.01.2017. Оpubл. 04.05.2017.
3. Акмаев О. К. Суппорт многоцелевого станка токарной группы / О.К. Акмаев, Б.А. Еникеев // Патент РФ №2452594С1. Заявл. 22.04.2011. Оpubл. 10.06.2012, бюл. № 16.
4. Токарно-фрезерный центр для групповой обработки деталей / А.А. Максименко, Г.В. Кистенев, А.Ю. Кондров, С.Г. Цыбочкин // Патент РФ №2532623С1. Заявл. 12.03.2013. Оpubл. 10.11.2014, бюл. № 31.
5. Курочкин К.А. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр / К.А. Курочкин, Кузнецов Е. А., Пронкина В.В. // РПМ № 44560, РФ, 2004, МПК В23В 17/00. Заявл. 15.11.2004. Оpubл. 27.03.2005, бюл. № 9.
6. Zeng Jun /High-precision turning milling and grinding machining center / Zeng Jun. Патент CN106181450А. Заявл. 29.08.2016. Оpubл. 07.12.2016.
7. Михрютин В.В. Токарный обрабатывающий центр / В.В. Михрютин, А.В. Михрютин. Заявка на выдачу патента на полезную модель № 2019104811 МКИ⁷ В23В 17/00. Заявл. 20.02.2019.

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЛЕДОВ В ВЯЗКОУПРУГОМ ПОТОКЕ ПРИ ШТИФТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРОВ

А.В. Новиков, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Дана оценка современного состояния и уровня развития техники и технологии экструзии полимеров. Изучены гидродинамические особенности штифтовой экструзии на примере модельных каналов.

***Ключевые слова:** экструзия, полимеры, штифт, вязкоупругая жидкость.*

STUDY OF TRACK FORMATION IN A VISCOELASTIC FLOW DURING A PIN EXTRUSION OF POLYMERS

A.V. Novikov, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The current state and level of development of technology of extrusion of polymers is estimated. The hydrodynamic features of the brad extrusion are studied on the example of model channels.

***Keywords:** extrusion, polymers, brad, elasticplastic fluid.*

Экструзия была и остается единственным надёжным способом производства длинномерных профильных изделий из полимерных материалов. Из резиновых смесей с помощью экструзии получают такие погонажные изделия как ленты, протекторные заготовки, боковины, наполнительный шнур и т.д. Соответственно сложность конструкции формирующего инструмента будет определяться геометрией выпускаемого профиля. В рамках настоящей исследовательской работы за основу для рассмотрения выберем широкощелевые головки, для которой в наибольшей степени характерна неравномерность скоростного профиля.

Установка для производства широкополосных профилей содержит червячный экструдер, соединенный формирующей головкой. По длине чер-

вячного вала экструдера происходит загрузка материала, его пластикация и нагнетание в головку. Для обеспечения нормальной работы установки необходимо, чтобы давление в зоне нагнетания экструдера было больше сопротивления формирующих каналов. Таким образом задача конструирования экструзионной головки сводится к подбору такой формы каналов головки, чтобы давящее усилие и потребляемая мощность имели минимальное значение. Профилирование каналов головок сложный много итерационный процесс, основам которого посвящено немало научных публикаций. В данной работе предлагается альтернативный способ воздействия на поток. Установлено что область течения с минимальным сопротивлением обеспечивает большую равномерность потока в выходной щели. Поэтому в качестве модельных рассматривались каналы простых геометрических форм. Для регулирования скорости потока применялись сквозные штифты различных форм.

Моделирование структуры потока в экструзионной головке проводилось с помощью программно-вычислительного средства Comsol, реализующего идею метода конечных элементов. Твердотельное моделирование геометрии каналов производилось с помощью САПР начального уровня. Полученная область течения далее была дискретизована симплекс-элементами. Математическая модель включала в себя уравнения движения, неразрывности и реологического состояния. Последнее описывалось уравнение Олдройда.

Отдельные численные результаты представлены на рис. 1 и 2.

Как показывает анализ результатов, наличие штифта пережмат центральную часть потока, перераспределяя её в периферийную часть. Из-за этого в зазоре между штифтом и стенкой возникает область интенсивного сдвига, что дополнительно гомогенизирует и размягчает материал, повышая его текучесть. Глубина распространения следов от препятствия сопоставима с размерами самого штифта, однако они позволяют кардинально изменить гидродинамическую картину, улучшив скоростное распределение вдоль щели. Таким образом, задача профилирования канала головки сведена к более простой задаче формообразования штифта.

Результаты, полученные на модельных каналах, в последующем были успешно интерпретированы и переведены на коллекторные каналы и каналы типа «вешалка» головок реальных промышленных конструкций. Предметом исследований на перспективу могут являться вопросы профилирования штифта и оптимизация его геометрического положения.

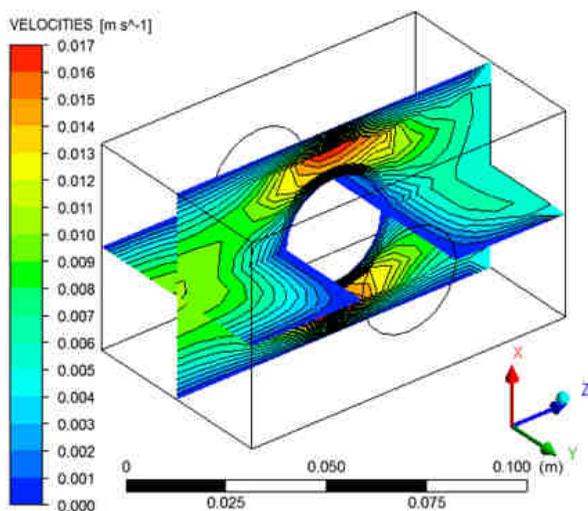


Рис. 1. Изоконтур скорости в прямоугольном канале

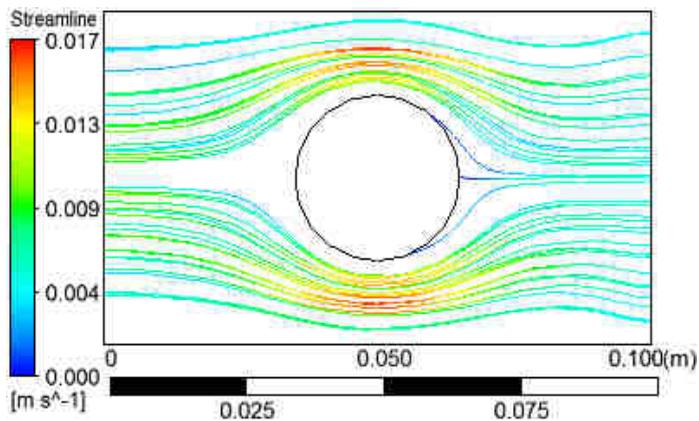


Рис. 2. Линии тока в прямоугольном канале

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ким В.С.* Теория и практика экструзии полимеров. М.: Химия, 2005. 568 с.
2. *Раувендааль К.* Основы экструзии / Пер. 2-го англ. изд. СПб.: Профессия, 2011. 280 с.
3. *Раувендааль К.* Экструзия полимеров / Пер. с 4-го изд. СПб.: Профессия, 2006. 768 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОПИСАНИИ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЕЙ В ФАЗОВОМ ОБЪЕМЕ

А.А. Паутов, И.В. Александров, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются в различных фазовых объемах условия описания энергии движения кавитационного пузыря при стохастическом моделировании его эволюции на начальной стадии образования.

Ключевые слова: кавитация, пузырь, модель, фазовый объем, энергия.

THE QUESTION OF THE DESCRIPTION OF CAVITATION BUBBLES IN PHASE VOLUME

A.A. Pautov, I.V. Alexandrov, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The conditions of describing of the energy of motion of a cavitation bubble during stochastic modeling of its evolution at the initial stage of formation are analyzed in various phase volumes.

Keywords: cavitation, bubble, model, phase volume, energy.

Некоторые виды технологического оборудования, связанного с движением жидких рабочих сред, например, турбинные, лопастные, клапанные, винтовые и т.д., в разной степени подвержены влиянию кавитационных эффектов. Опасность проявления последствий кавитации в большинстве случаев связана с нарушением допустимых и экологических норм эксплуатации, режимов нормальной работы данных устройств, эрозийным повреждением их поверхностей и т.п. Однако условия реализации функционального назначения данных устройств не позволяют исключить полностью кавитацию. Это связано с тем, что последняя возникает при резких перепадах давлений потока среды, а назначение указанного оборудования, в частности, регулирующих клапанов, состоит как раз в понижении давления потока жидкости. Таким образом, перед про-

ектировщиками встает проблема предотвращения подобных явлений путем снижения интенсивности развития кавитационных эффектов.

Пользуясь стохастическим подходом к моделированию процесса образования кавитационных пузырей [1-5] в проточной части осевого клапана, можно получить вероятностные распределения их числа по различным показателям. Особый интерес представляют два из них – размер пузырей и степень открытия клапана. Тогда в зависимости от модели элемент фазового объема выбирается связанным с разным числом фазовых переменных: двумя (радиальной координатой и скоростью центра масс сферического пузыря) [1, 2] или тремя (перечисленными двумя и степенью открытия клапана вдоль оси сепаратора) [3-5]. Для получения указанных распределений требуется смоделировать энергию стохастического движения пузыря в жидкостном потоке, соответствующую начальной стадии гидродинамической кавитации, т.е. всем этапам его образования. К таковым относятся: появление полости, оформление свободной сферической поверхности, заполнение газом и паром при вихревом движении внутренней системы газ-пар, взаимодействие полости и жидкости, движение в потоке. Способ моделирования учитывает физико-механические свойства рабочей среды и конструктивно-режимные параметры проектируемого осевого клапана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Determination of the average parameters of cavitation bubbles in the flowing part of the control valves / A. Kapranova, A. Lebedev, A. Melzer, S. Neklyudov // *International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET)*, 2018. V 9(3). P. 25–31; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=3>
2. О влиянии пропускной способности осевого клапана на параметры стохастической модели кавитации / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // *РХЖ (Журнал хим. общества им. Д. И. Менделеева)*. 2018. Т. 62, № 4. С. 51-53.2.
3. Investigation of the energy of the stochastic motion of cavitation bubbles in the separator of the axial valve, depending on the degree of its opening / A. Kapranova, S. Neklyudov, A. Lebedev, A. Melzer // *International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET)*, 2018. V. 9(8). P. 160–166; <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=8>
4. *Kapranova A.* Stochastic simulation of cavitation bubbles formation in the axial valve separator influenced by degree of opening / A. Kapranova, A. Miadonye // *Journal of Oil, Gas and Petrochemical Sciences*. 2019. V. 2(2). P. 70-75. (DOI) 10.30881/jogps.00026
5. *Kapranova A.* On the influence of the degree of opening of the regulator valve separator on the process of formation of cavitation bubbles / A. Kapranova // *J. Chem. Eng. Process Technol.* V. 9. P. 36. (DOI) 10.4172/2157-7048-C3-016

ОБ УСЛОВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

В.А. Рябцев, А.С. Карельская, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлена краткая условная классификация конструктивных решений регулирующих клапанов с учетом способов снижения негативных последствий кавитационных эффектов. В частности, анализируются типы осевых клапанов по видам дросселирующих устройств и запирающих органов.

***Ключевые слова:** смешивание, сыпучие среды, гибкие била, смесительный барабан, разреженный факел.*

CONDITIONAL CLASSIFICATION OF CONTROL VALVES BY DIFFERENT CONSTRUCTIVE SIGNS

V.A. Ryabtsev, A.S. Karelskaya, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A description of the energy of the stochastic motion of particles of bulk materials that form rarefied flares when interacting with flexible brushes on a rotating drum after leaving the gap between the drum and the movable tape is proposed. The method of fixing the flexible brushes at an angle to the radial direction in alternating rows on the surface of the drum determines the nature of the distribution of particles in the rarefied flares.

***Keywords:** mixing, bulk solids, flexible brushes, mixing drum, rarefied flare.*

Применение регулирующей арматуры не ограничивается только потребностями химического производства и остается актуальным для процессов переработки и транспортирования нефтегазовой продукции, нужд ЖКХ. Разнообразие конструктивных решений для регулирующих клапанов объясняется спектром условий их эксплуатации, в том числе технологическим регламентом, физико-механическими и химическими свойствами рабочей среды. С точки зрения функционального назначения,

клапан – редукционное устройство, предназначенное для снижения давления перекачиваемой сжимаемой (газа) или несжимаемой среды с твердыми включениями [1]. Использование переменной проточной формы данного устройства способствует реализации так называемого процесса дросселирования потока, когда указанное падение давления происходит при истечении среды через суживающий канал и увеличении скорости ее движения. Сопровождение этого процесса кавитационными эффектами требует решения проблемы борьбы с нежелательными ее последствиями в виде шумов, вибраций и эрозии внутренних поверхностей [2]. Одним из успешных способов снижения влияния кавитации в клапане является применение прямооточных конструкций, имеющих ряд преимуществ по сравнению с трехходовыми, угловыми, z-образными устройствами [3]. В частности, осевые клапаны можно разделить по двум критериям: виду дросселирующих устройств и виду запирающего органа. Первый уровень классификации имеет, например, не менее пяти подуровней: по форме корпуса, числу ступеней, форме отверстий, степени изменения этой формы отверстий, изгибу внутренних каналов и т.п. Второй уровень делится, как правило, на два подуровня: по виду системы управления (разгруженная и неразгруженная); по типу привода (реечный, стержневой, кривошипно-шатунный). Указанные конструктивные решения [4, 5] способствуют снижению турбулентности потоков и управлению ими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // *Фундам. исследования*. № 4 (1), 2016. С. 52-60. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40125>
2. О способах оценки критических параметров кавитации в регулирующих органах при транспортировании рабочих сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Е.М. Серов // *Фундам. исследования*. № 3 (3), 2016. С. 488-494. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084>
3. *Солопов С.А.* К вопросу о проектировании регулирующих клапанов / С.А. Солопов, А.М. Мельцер, А.Б. Капранова // *Инженерный вестник Дона*. 2015. № 3. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3069
4. Анализ устройств для уменьшения давления в регулирующих клапанах / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // *Современные наукоемкие технологии*. Москва, 2016. № 8 (1). С. 68-71. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36104>
5. Конструктивные особенности новых регулирующих клапанов прямооточного типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов, Д.В. Воронин // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4090>

**ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА
ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ
В РАЗРЕЖЕННОМ ФАКЕЛЕ**

Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, А.Б. Капранова

Научный руководитель – **А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложено описание энергии стохастического движения частиц сыпучих материалов, образующих разреженные факелы при взаимодействии с гибкими билами на вращающемся барабане после выхода из зазора между барабаном и подвижной лентой. Способ закрепления бил под углом к радиальному направлению в чередующихся рядах на поверхности барабана определяет характер распределения частиц в разреженных факелах.

Ключевые слова: смешивание, сыпучие среды, гибкие била, смесительный барабан, разреженный факел.

**APPLICATION OF THE STOCHASTIC APPROACH
TO THE BEHAVIOR OF A BULK MEDIUM WITHIN
EXHAUSTED FLARE DESCRIBING**

D.D. Bakhaeva, D.V. Stenko, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of the stochastic motion particles energy of bulk materials forming exhausted flare when interacting with flexible brushes on a rotating drum after leaving the gap between the drum and the movable tape is proposed. The method of fixing the flexible brushes at an angle to the radial direction in alternating rows on the surface of the drum determines the nature of the partition of particles in the rarefied flares.

Keywords: mixing, bulk solids, flexible brushes, mixing drum, rarefied flare.

Для практической реализации процесса смешивания сыпучих материалов может быть использован способ перемешивания в пересекающихся разреженных факелах, которые могут быть, например, образованы различными щеточными устройствами [1]. Отличительная конструктив-

ная особенность смесительного устройства «барабан-гибкие била» заключается в способе закрепления бил (гибких элементов) под углом к радиальному направлению в чередующихся рядах на поверхности данного вращающегося барабана. Для стохастического описания поведения частиц в разреженном факеле, формируемом при взаимодействии с гибкими билами, предлагается применить энергетический подход [2], эффективность которого показана в работах [1, 3-5]. Рассматриваются два сечения смесительного барабана с билами в двух последовательных рядах, когда углы наклона гибких элементов к радиальному направлению противоположны. Пусть декартова система координат для каждого выбранного сечения барабана имеет центр на неподвижной оси его вращения. Элемент фазового объема, определяемый проекциями импульса частицы каждого компонента сыпучей смеси в указанных плоскостях, выражается через дифференциалы полярных координат данной частицы. Предлагается энергию стохастического движения частиц сыпучих материалов, образующих разреженные факелы при взаимодействии с гибкими билами на вращающемся барабане после выхода из зазора между барабаном и подвижной лентой, представить в виде функции от указанных фазовых переменных – радиальной и угловой полярных координат. Выражение для данной энергии учитывает кинетические энергии двух видов движения частицы – поступательного вместе с ее центром масс и вращательного относительно этого центра при случайном характере ее момента импульсов, а также энергию упругого взаимодействия с биллом с учетом допущений из работ [3, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капранова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Теор. основы хим. технологии. 2018. Т. 52, № 6. С. 707-721
2. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса: Новый подход к статистической теории открытых систем. М. : ЛЕНАНД, 2014. 328 с.
3. Способы описания движения твердых дисперсных сред в различных плоскостях для сечений смесительного барабана / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, И.И. Верлока, А.И. Зайцев // Вестник Тамб. гос.техн. ун-та, 2015. Т. 21, № 2. С. 296-304. (DOI) 10.17277/vestnik.2015.02.pp.296-304.
4. Капранова А.Б. Моделирование критерия качества смеси в объеме барабанно-ленточного устройства / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, И.И. Верлока // Хим. и нефтегаз. машиностроение. 2018. Т.54. № 5. С. 3-9.
5. Stochastic modeling of bulk components batch mixing process in gravity apparatus / I. Verloka, A. Kapranova, M. Tarshis, S. Cherpitsky // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). 2018. V. 9(2). P. 438-444; <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=2>

К ВОПРОСУ ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ КАСКАДНОГО РЕАКТОРА СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ

А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализирован опыт эксплуатации контакторов алкилирования различных конструкций на отечественных НПЗ. Выявлены недостатки конструкций и предложены технические решения по увеличению надежности.

Ключевые слова: реактор, алкилирование, уплотнение вала, охлаждение.

THE QUESTION OF THE DESIGN CASCADE REACTOR OF SULFURIC ACID ALKYLATION REFINEMENTS

A.Yu. Timonin, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The alkylation contactors of various designs at domestic refineries field experience is analyzed. The design defects are identified and engineering solution is proposed.

Keywords: reactor, alkylation, shaft seal, cooling.

Алкилирование – кислотно-каталитический процесс комплекса улучшения качества светлых нефтепродуктов. Служит для получения высокооктановых компонентов моторных и авиационных топлив – алкилатов. Последние состоят из разветвленных углеводородов изостроения, отличающихся высокой детонационной стойкостью, химической стабильностью, удовлетворяющие самым строгим экологическим требованиям. По своей сути алкилирование обратное каталитическому крекингу, в сравнении с сырьем получаемый продукт имеет большую молекулярную

массу и плотность, не содержит бензола, не токсичен, имеет низкое давление насыщенных паров, следовательно мало испаряется при хранении и транспортировке и легко компаундируется с другими бензиновыми фракциями. Все это позволяет считать процесс алкилирования одним из перспективных направлений нефтепереработки, претерпевающей бурное технологическое развитие.

На современном этапе развитие нефтепереработки тесно связано с повышением глубины переработки нефти. Нарастивание мощностей НПЗ по деструктивным процессам приведет к увеличению выхода газов, богатых олефинами, составляющих сырьевую базу алкилирования. Поэтому следующим шагом в развитии нефтепереработки будет актуализация техники и технологии алкилирования.

Выход и качество продуктов алкилирования определяется не только свойствами сырья и катализатора, но и в очень большой степени параметрами технологического процесса. Среди большого числа переменных параметров в первую очередь рассмотрим влияние следующих: разбавление сырья изобутановой фракцией, объемная скорость реакции, температура в зоне реакции, концентрация серной кислоты, насыщенность смеси в реакторе. Три последних фактора в наибольшей степени определяются конструктивным оформлением самого контактора.

На разных этапах становления и развития нефтепереработки использовались реакционные устройства различных конструкций. Это были как собственные разработки, так и усовершенствованные зарубежные прототипы. Каждый такой реактор был актуален только для решения узкого круга задач (малый интервал рабочих параметров) и не был лишен недостатков.

На начальном этапе использовались емкостные реакторы с диафрагменным смесителем, но в силу малой производительности и трудности охлаждения реакционной смеси от них вскоре отказались в пользу зарубежных контакторов с холодильником в виде трубочатки. Позже предпочтение было отдано отечественной разработке – горизонтальному каскадному автотермическому реактору. На АО «Газпромнефть-ОНПЗ» был применен первый такой реактор, состоящий из пяти секций. На АО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания» применяется реактор в виде десятиступенчатого каскада. Определенный интерес представляет четырехсекционный горизонтальный реактор модифицированный ПАО «Славнефть-ЯНОС». Будучи оснащенный смесителями прогрессивной конструкции, он обеспечивает завидную производительность до 120000 т/год по сырью и высокую химическую стабильность алкилата (99 о.ч. по и.м.).

Опыт двух последних межремонтных пробегов выявил недочеты в конструкции. В ходе последнего капитального ремонта было выявлено,

что развитию разрушительных процессов благоприятствует наличие застойных зон во внутренних полостях кожуха вала и обтекателя (рис. 1). Одна из них ограничена непосредственно самим подшипником, защитным кожухом вала и корпусом стояночного уплотнения. Продукты реакции, поднимаемые пропеллером мешалки, просачиваются через зазоры и заполняют полость непосредственно выше подшипникового узла. Вторая застойная зона образуется внутри конического обтекателя. Наличие застойных зон приводит к постепенному осаждению продуктов коррозии, грязи и других примесей на деталях подшипника.

Очевидно, что для решения данной проблемы необходимо обеспечить свободную циркуляцию жидкости через данные полости. Это позволит выносить любые примеси из зоны нижнего подшипника циркулирующими потоками, обеспечивая его промывку и защиту. Отмечу, что по аналогичному принципу работает и промывка продуктовой пары трения торцовых уплотнений мешалок и насосов.

Для реализации промывки подшипника предлагается смонтировать врезки трубопровода диаметром 20мм в стенки кожуха вала и обтекателя в непосредственной близости к нижнему подшипнику для подачи изобутана. Трубопровод вывести через отверстие во фланце мешалки наружу и врезать в линию подачи изобутана от насосов на продуктовые пары торцовых уплотнений мешалок, расположенную рядом.

Для организации свободного выхода продуктов реакции из закрытого кожуха необходимо сделать четыре отверстия в кожухе под корпусом стояночного уплотнения. Из полости обтекателя свободный выход будет обеспечен посредством существующего щелевого зазора между валом и нижним кольцом конуса. Расход изобутана по линии промывки в сравнение с общими расходами сырья, изобутана и кислоты в каскады реактора будет незначителен, и не окажет заметного влияния на протекание реакции.

Учитывая значительное превышение давления в линии изобутана ($6,5 \text{ кгс/см}^2$) над давлением в реакторе ($0,8 \text{ кгс/см}^2$), можно утверждать, что подача изобутана по данным врезкам обеспечит эффективную промывку верхней и нижней торцевых частей подшипника и наружную поверхность вала с непрерывным вытеснением из застойных зон кислоты и продуктов реакции и их выводом объем каскада реактора. Таким образом будет значительно увеличен срок эксплуатации валов, подшипников и мешалок в целом. Конструкция нижнего подшипника с узлами подачи изобутана представлена на рис. 2.

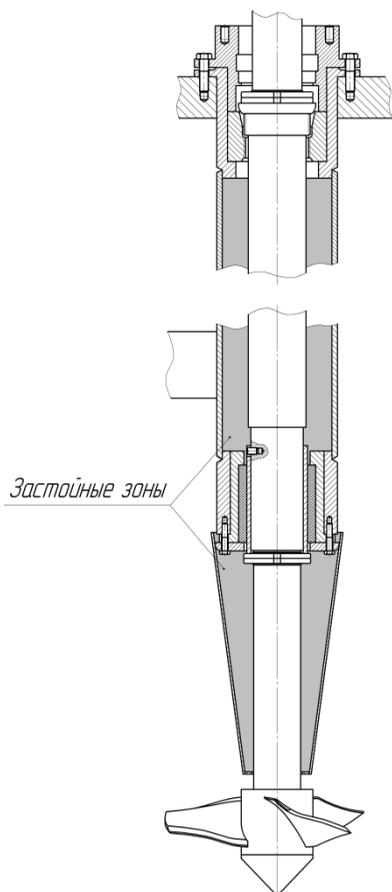


Рис. 1. Застойные зоны в области нижнего подшипника

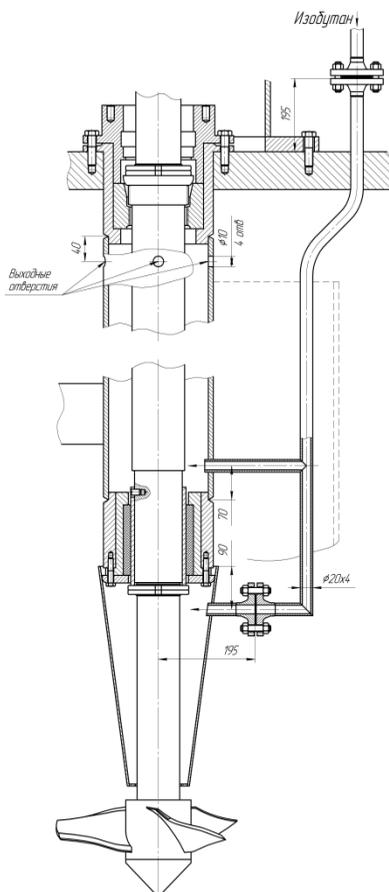


Рис. 2. Узлы подачи изобутана к нижнему подшипнику

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорогочинский А.Э. Серноокислотное алкилирование изопарафинов олефинами: Учебное пособие / А.Э. Дорогочинский, А.В. Лютер, Е.Г. Вольпова. М.: Химия, 1979. 217 с.
2. Дроздов Г.В. Получение моторных алкилатов на основе парафинов и ациклических олефиновых углеводородов. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1979. 84 с.
3. Козлов Б.И. Процессы алкилирования, изомеризации и полимеризации в нефтепереработке. М.: Химия, 1990. 65 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАСКАДНОМ РЕАКТОРЕ СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ

А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен компьютерный анализ структуры потоков в действующем четырехсекционном алкиляторе. Отмечены отклонения гидродинамики от идеальной: застойные зоны, байпасные токи, циркуляции. Предложены рекомендации по усовершенствованию внутреннего пространства реактора.

Ключевые слова: каскадный реактор, сернокислотноалкилирование, смеситель, численные методы.

THE HORIZONTAL CASCADE REACTOR FOR SULFURIC ACID ALKYLATION CONSTRUCTION STRUCTURAL DETERMINATION

A.Yu. Timonin, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A computer analysis of the flow structure in the current four-section alkylate has been carried out. Deviations of hydrodynamics from the ideal are noted: stagnant zones, bypass currents, and circulation. Recommendations for improving the internal space of the reactor are proposed.

Keywords: cascade reactor, sulfuric acid alkylation, mixer, structural determination.

Процессы нефтепереработки комплекса повышения качества светлых нефтепродуктов своей целью имеют их очистку и повышение химической стабильности, а также выпуск высокооктановых компонентов. К таким процессам можно отнести гидроочистку, каталитический риформинг, изомеризацию, производство полимербензинов и алкилирование.

Последнее занимает особое место в общем цикле нефтепереработки. Получаемый в ходе процесса алкилат является ценным компонентом высококачественных бензинов, так как состоит из парафиновых углеводородов изостроения, отличающихся высокой детонационной стойкостью, хорошей приёмистостью к оксигенатам, незначительным различием значений октанового числа и малым нагарообразованием. Поэтому применение алкилатов заставляет учёных все больше акцентировать внимание на процессе алкилирования.

Сдерживающим фактором широкого применения процесса алкилирования является дефицит сырья и его высокая стоимость. Поэтому развитие алкилирования неразрывно связано с процессами каталитического крекинга, гидрокрекинга, производства МТБЭ. Качество алкилата во многом зависит от свойств сырья и условий процесса, однако определенный вклад вносит и конструкция реакционного аппарата.

В модернизации классического серноокислотного алкилирования можно выделить следующие направления:

- повышение эффективности смешения реагентов для образования необходимой эмульсии углеводородов в серной кислоте;
- уменьшение энергозатрат на перемешивание;
- регулирование и стабилизация теплового режима экзотермического процесса;
- упрощение конструкции реакторов-контакторов.

Всем этим актуальным направлениям отвечает емкостной горизонтальный каскадный реактор. Смешение реагентов с образованием эмульсии осуществляется в нем за счёт кинетической энергии струй форсунок и турбулентного потока, создаваемого пропеллерной мешалкой. Как правило, по длине реактор разделен на каскады сегментными и L-образными перегородками. Количество каскадов может быть 3, 4, 5, 6, 10. Основным рабочим элементом внутри каждого каскада выступает смеситель, состоящий из кожуха, корпуса и обтекателя. Данные оболочки создают последовательно сменяющиеся восходящие и нисходящие потоки, а также циркуляционные контуры в заданных направлениях. Секционирование реакционного аппарата по всей длине должно обеспечивать авторегенерацию турбулентных вихрей, поддерживающих состояние однородной эмульсии и хороший контакт реагентов на протяжении всего процесса.

Важная задача по созданию в реакторе необходимого температурного режима 8-15°C решается без установки внутри трубных пучков, что значительно упрощает конструкцию реактора и повышает его надежность. Однако создание автотермического режима требует дополнительных затрат изобутана, частично циркулирующего в качестве хладагента.

Стаявшая перед нами в рамках данной научной темы исследовательская задача заключалась в изучении структуры взаимодействующих

потоков олефинов, изопарафинов и кислотного катализатора. На рис. 1 показана расчётная область моделируемого реактора с направлениями основных потоков. Далее эта область была дискретизована тетраэдрической элементной сеткой. Для повышения точности расчёта характерные размеры элементов отличались более чем в 100 раз. Численная процедура решения заключалась в замене сложных дифференциальных уравнений неразрывности и движения линейными алгебраическими. При этом считалось, что внутри объема симплексного элемента все параметры постоянны.

Анализ численных результатов показывает, что скоростные потоки в виде векторов (рис. 2) сосредоточены в непосредственной близости от смесителя, тем временем внутри каскада снижается интенсивность обмена с остальными участками рабочего пространства. На основе этого для уменьшения доли застойных зон можно предложить уменьшение протяженности каждого из каскадов на 17-22%.

Из анализа изоконтуров поперечных сечений реактора (рис. 3) следует, что гидродинамическая картина в смесителях развивается по различному сценарию. Лишь для последнего смесителя характерна более развитая турбулизация вокруг мешалки, которой способствуют предшествующие каскады. Это позволяет заключить, что некоторые геометрические характеристики смесителей должны меняться от каскада к каскаду. В частности предлагается уменьшить на половину высоту кожуха первого смесителя, у кожуха второго смесителя высота будет уже на 40% меньше, а у третьего лишь на 20%.

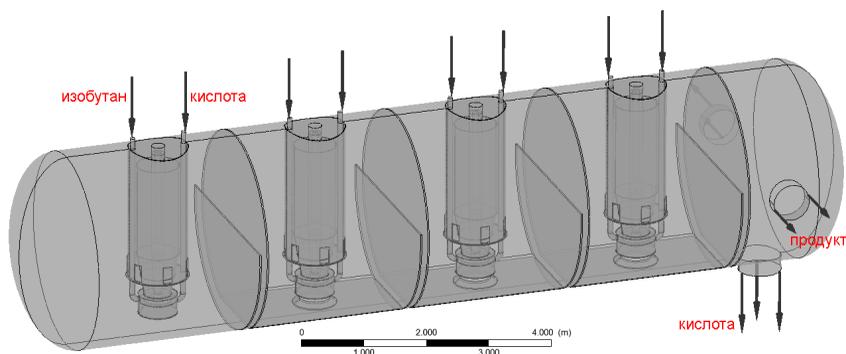


Рис. 1. Модель горизонтального каскадного реактора алкилирования

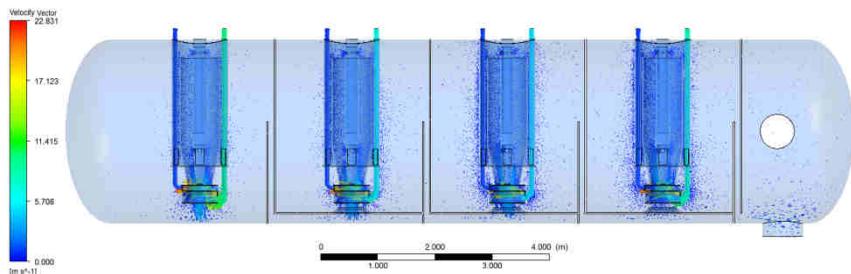


Рис. 2. Векторы скоростей в рабочем пространстве горизонтального каскадного реактора алкилирования

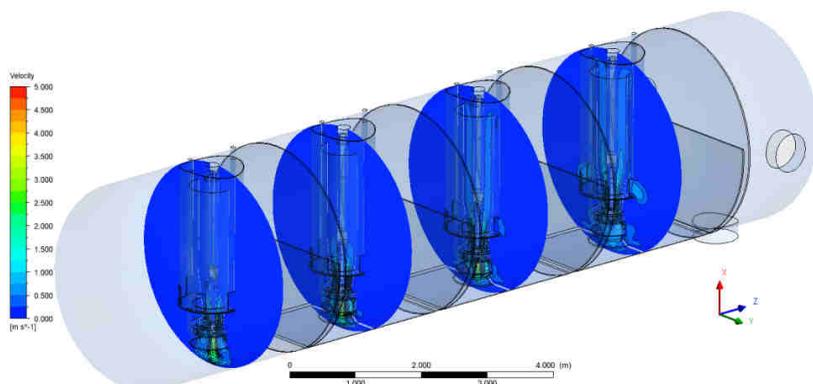


Рис. 3. Изоконтур скорости в поперечных сечениях горизонтального каскадного реактора алкилирования

Разработанная в рамках данной работы математическая модель оставляет задел для более детального изучения гидродинамики в диффузоре смесителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дорогочинский А.Э.* Сернокислотное алкилирование изопарафинов олефинами: Учебное пособие / А.Э. Дорогочинский, А.В. Лютер, Е.Г. Вольпова. М.: Химия, 1979. 217 с.
2. *Дроздов Г.В.* Получение моторных алкилатов на основе парафинов и ациклических олефиновых углеводородов. М.: ЦНИИГЭнефтехим, 1979. 84 с.
3. *Козлов Б.И.* Процессы алкилирования, изомеризации и полимеризации в нефтепереработке. М.: Химия, 1990. 65 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В БАРАБАННО-ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

Научный руководитель - **М.Ю. Таршис**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Разрабатывается методика проведения экспериментальных исследований нового барабанно-лопастного смесителя непрерывного действия. Приводится описание лабораторной установки, последовательность оценки качества смеси в её сечениях и пример применения методики.

***Ключевые слова:** эксперимент, сыпучий материал, смешивание, коэффициент неоднородности, кривая смешивания.*

EXPERIMENT TECHNIQUE FOR THE DRUM AND BLADED BULK MIXER OF CONTINUOUS ACTION

S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

Scientific Supervisor - **M.Yu. Tarshis**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The experiment technique for the new continuous action drum and bladed mixer is developed. The description of laboratory setup and, the sequence of estimates of mix quality is provided.

***Keywords:** experiment, bulk, mixing, heterogeneity coefficient, mixing curve.*

Разработка методики проведения экспериментальных исследований является наиболее существенной частью всего исследования технического устройства и реализуемого им процесса. Именно на этом этапе ставятся задачи исследования, создаются предпосылки для их решения. Методика определяет качество математического описания процесса и создаваемых методов расчета технического устройства. Методика проведения эксперимента смесителя должна содержать:

- выбор метода оценки качества (как правило, однородности) получаемой смеси; - выбор критериев оценки качества смеси; - разработку экспериментальной установки и последовательности осуществления эксперимента.

При выборе метода оценки качества, в основном, предпочтение отдается скоростным, бесконтактным методам, основанным на оценках распределений контрастных частиц ключевого компонента в сечениях смеси [1]. Говоря о критериях качества смеси, необходимо отметить преимущество интегральных критериев, основанных на оценках однородности в широких диапазонах масштабов проб [1]. Применение таких критериев возможно благодаря развитию бесконтактных методов исследований. В данной работе кратко описана методика проведения экспериментов в новом барабанно-лопастном смесителе непрерывного действия [2], который включает корпус, выполненный в виде набора эластичных камер (покрышек) с отогнутыми, в виде перемешивающих лопастей, элементами бортов. При разработке лабораторной установки смесителя непрерывного действия возникает задача обеспечения доступа к сечениям смеси по всей длине корпуса смесителя, поскольку необходимо получить закон изменения критерия однородности смеси вдоль его оси. Такая установка показана на рис. 1. Она включает цилиндрический корпус 1, внутри которого последовательно установлены ступени 2, несущие лопасти и прозрачные кольцевые перегородки 3, через которые осуществляется фиксация изображений смеси и их анализ [3]. Компоненты после дозирования поступают во вращающийся корпус 1 и постепенно заполняют его. После того, как начинается разгрузка компонентов через правую стенку 4, то есть устанавливается стабильный режим работы, смеситель останавливают. Затем проводится фиксация изображений смеси через правую прозрачную кольцевую стенку 4 и их анализ с целью получения критериев качества смеси в её сечениях. После этого, материал, находящийся перед правой перегородкой 3 убирают и анализ повторяют. Переходя, таким образом, к следующему сечению смеси за перегородкой 3 (справа налево), определяют критерии однородности смеси в исследуемых сечениях аппарата. Построенная таким образом кривая смешения (изменения коэффициента неоднородности смеси по длине смесителя) при исследованиях процесса приготовления смеси рапс - просо в соотношении 1:2 показана на рис. 2. Подобный метод может быть использован также при исследованиях сглаживающей способности смесителя.

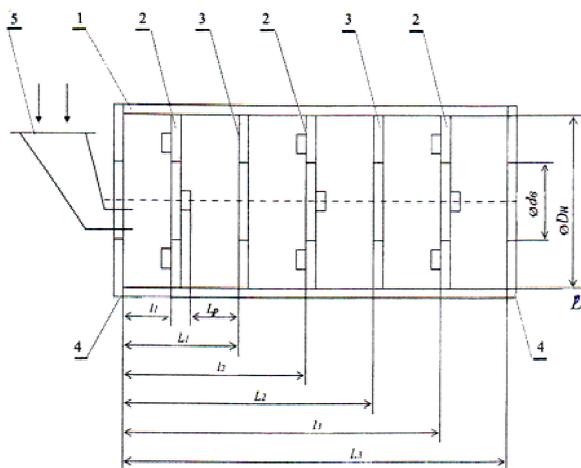


Рис. 1

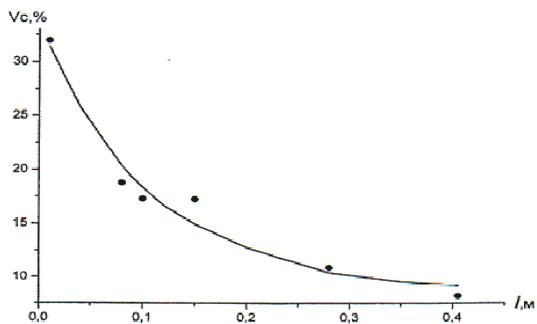


Рис. 2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование качества сыпучей смеси. Моделирование. Критерии. Эксперимент: монография / М.Ю. Гаршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. 116 с.
2. Пат. 2618065 Российской Федерация. Смеситель сыпучих материалов. Опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.
3. Пат. 2385454. Российская Федерация. Способ определения качества компонентов, различающихся по цвету. Опубл. 27.01.2010. Бюл. № 1.

ОЦИФРОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ

В.С. Иванов, И.С. Гуданов

Научный руководитель – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Произведена оцифровка результатов отбора проб из аппарата с ситчатой тарелкой. Выполнено сравнение выходных кривых полученных цифровым методом и фотокolorиметрией.

Ключевые слова: выходная кривая, фотокolorиметр, концентрация.

DIFFUSION MODEL RESULTS DIGITAZING

V.S. Ivanov, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Perforated plate sampling digitizing is conducted. The breakthrough chromatogram digitizing data equiparation by photocolormetry is obtained.

Keywords: output curve, photocolormeter, concentration.

С позиции математического моделирования структура потоков большинства аппаратов химической технологии не может быть описана с помощью идеализированных моделей смешения и вытеснения, так как занимает между ними промежуточное положение. Связано это с наличием следующих факторов: байпасные потоки, циркуляционные токи, застойные зоны и т.д. Одним из таких примеров может служить тарельчатая колонна с перекрестным режимом движения контактирующих фаз. Нами же в качестве объекта исследования был выбран фрагмент ситчатой тарелки колонного аппарата. То что структура потоков на ней занимает промежуточное значение не вызывает сомнений. Расположенные рядами отверстия выполняют роль физических ячеек, что дает право на исполь-

зование ячеистой модели, с другой стороны потока газа, задерживающие жидкость на тарелке в виде обратных потоков позволяют обратиться к диффузионной модели. Однозначный вывод о характере потоков можно сделать по виду выходной кривой. Последняя может быть получена с помощью хорошо зарекомендовавшего себя индикаторного метода. После импульсного ввода красящего вещества производился последовательный отбор проб в пробирки (см. рис. 1). Для анализа проб использовался фотоэлектроколориметр КФК-2МП. Нами в качестве альтернативы предлагается использовать метод экспресс-анализа, основанный на цифровой фотографии. Выходные кривые, полученные на фотоколориметре и оцифровкой, показаны на рис. 2, 3, 4. Корреляционный анализ кривых позволяет считать результаты достоверными и удобными для интерпретации.

Оцифровка результатов исследования диффузионной модели

Исходные данные:

Опыт №1 $V_T = 40$ дел $V_{ж} = 30$ дел Расход туши 1 см^3
 Опыт №2 $V_T = 40$ дел $V_{ж} = 90$ дел Расход туши 1 см^3
 $C_{\text{воды}} = -0,011$

Таблица 1. Результаты опытов на фотоколориметре

№ опыта	Расход, $\text{м}^3/\text{с}$		$\tau, \text{с}$											
	газа	жидкости	10	20	30	40	50	60	90	120	150	180	240	300
1	0,00 26	0,00001 7	0	0,002	0,007	0,010	0,012	0,013	0,012	0,009	0,006	0,003	0,002	0,001
2	0,00 26	0,00003 1	0,001	0,004	0,010	0,011	0,010	0,008	0,003	0,001	0	-	-	-

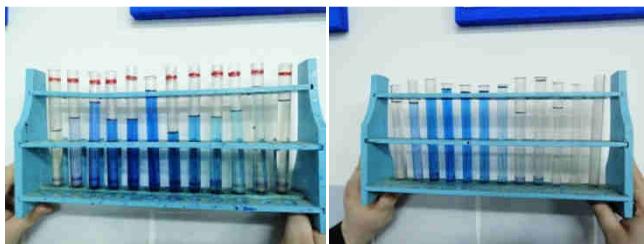


Рис. 1. Опыт № 1 и опыт № 2

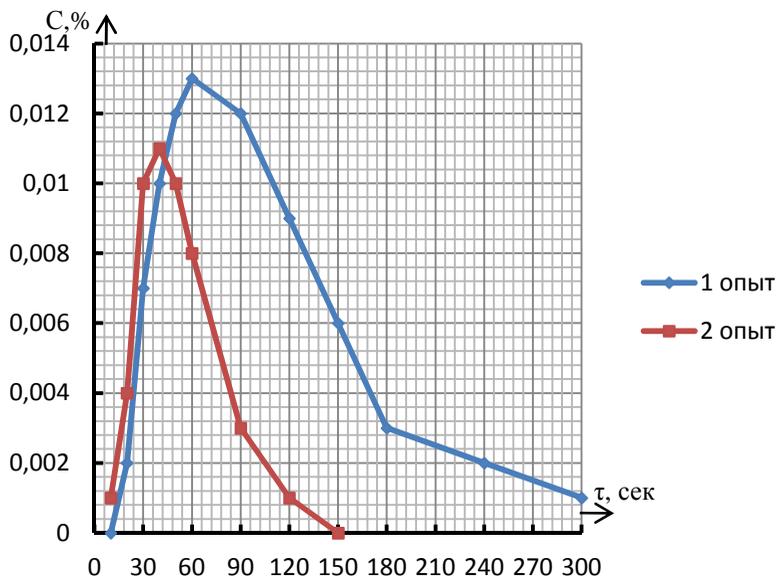


Рис. 2. График зависимости концентрации от времени

Таблица 2. Результаты опытов через определение баланса белого

№ опыта	Расход, м ³ /с		τ, с											
	газа	жидкости	10	20	30	40	50	60	90	120	150	180	240	300
1	0,0026	0,000017	18	26	40	54	61	58	52	39	28	27	23	22
2	0,0026	0,000031	22	33	52	59	52	47	31	23	21	-	-	-

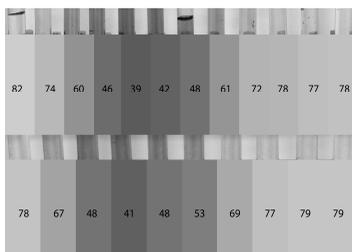


Рис. 3. Опыт № 1 и № 2 через градацию серого в графическом редакторе

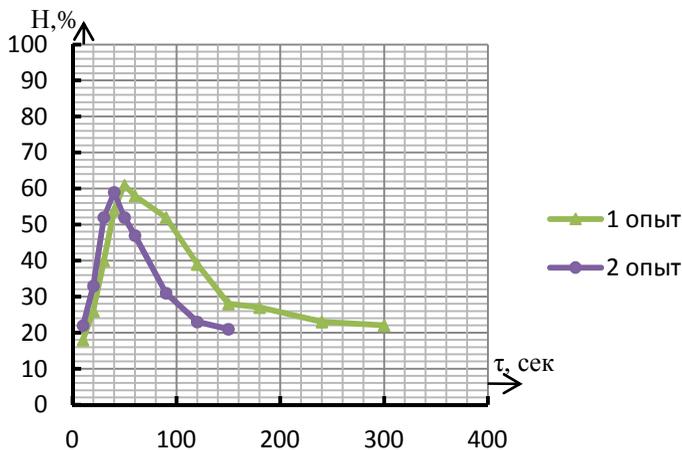


Рис. 4. График зависимости баланса белого от времени

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гуданов И.С.* Математическое моделирование технических систем: учебное пособие / И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 76 с.
2. *Кутепов А.М.* Общая химическая технология: Учеб. для вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. 3-е изд., перераб. М.: Академкнига, 2004. 528 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФУТЕРОВКИ
МНОГОКАНАЛЬНОГО ПЕЧНОГО РЕАКТОРА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХУГЛЕРОДА**

А.А. Бирченко, В.П. Круглов

Научный руководитель – **В.П. Круглов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Представлены свойства футеровки, а также ее оснастка и ее значение.
Ключевые слова: реактор, техуглерод, корпус, футеровка, огнеупор.*

**THE STUDY OF THE PROPERTIES OF LINING
THE FURNACE MULTI-CHANNEL REACTOR
FOR PRODUCING CARBON BLACK**

A.A. Birchenko, V.P. Kruglov

Scientific Supervisor – **V.P. Kruglov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The properties of the lining , as well as its tooling and its value are presented.
Keywords: reactor, carbon black, casing ,lining , refractory.*

Производство технического углерода не маловажно в наши дни, он находит применение в различных отраслях промышленности. Основным потребителем техуглерода является шинная и резинотехническая промышленность. Технический углерод применяется в качестве активного наполнителя, резиновых смесей на каучуковой основе. При введении техуглерода в резиновую смесь увеличивается механическая прочность резины, а также срок службы шин и резиновых технических изделий.

Технический углерод – это продукт термического разложения различных углеводородов. По внешнему виду он напоминает порошок темного цвета с размерами частиц порядка 100-500 нм. Для его получения используются многоканальные печные реакторы, температура в которых может достигать от 1000 до 2200 °С .

Основным элементом промышленного реактора является огнеупорная футеровка, обеспечивающая условия для проведения высокотемпературных реакций разложения углеводородов. Футеровка предназначена для уменьшения тепловых потерь и предохранения кожуха от высоких температур. Как правило, футеровка собирается из нескольких слоёв. Для самого внутреннего слоя используется наиболее термостойкий плотный огнеупор с открытой пористостью 15-20 %. По направлению к стальному кожуху располагается несколько слоёв, имеющих увеличивающуюся пористость – до 30 % и выше. Роль пористых огнеупоров (легковесных) заключается в снижении тепловых потерь от корпуса реактора. Обычно невозможно полностью изолировать корпус, так как определённый поток тепла необходим, чтобы поддерживать желаемый температурный профиль в огнеупорной футеровке. Если футеровка разработана правильно, то потеря тепла от корпуса реактора должна составлять 1-2 % от вводимой энергии.

Футеровка реактора должна выполняться в виде концентрических слоёв огнеупорных изделий различного состава в виде фасонных блоков. Общий вид футеровки реактора представлен на рис. 1.

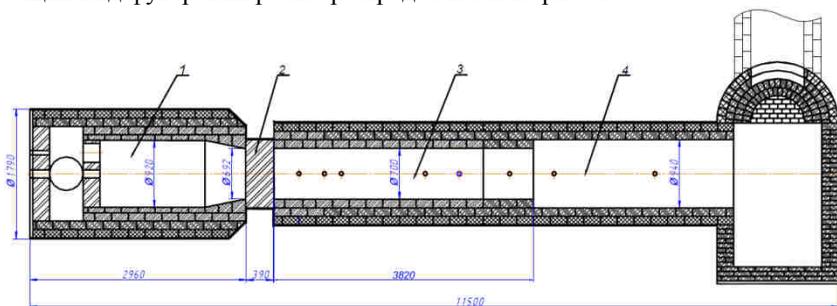


Рис. 1. Футеровка печного реактора РТ-100/4000 для получения активных марок техуглерода:

1 – зона горения; 2 – зона реакции; 3 – зона предзакалки; 4 – зона закалки

В течение всего эксплуатационного периода реактора футеровка должна сохранять газоплотность. С этой целью сборная конструкция футеровки выполняется со связующими швами, которые заполняются огнеупорным раствором (мертелем), обладающим временно-подвижной связью. Это позволяет снизить уровень развиваемых термических напряжений, возникающих в огнеупорах в процессе их разогрева и эксплуатации.

Обязательное условие компенсационного действия связующего шва заключается в том, что модуль упругости керамического материала шва должен быть меньше модуля упругости соединяемого изделия. Это достигается специальным подбором химико-минералогического состава

мертеля, а также фрикционными свойствами используемых компонентов.

При расчёте для зон горения и реакции, используются следующие допущения:

- многослойная футеровка заменяется на однослойную, то есть футеровка состоит из однородного по физическим свойствам материала;
- физические свойства не меняются в зависимости от температуры по общей толщине сборной конструкции футеровки.

Внутренний слой футеровки для зоны горения и зоны реакции выполнен из высокоглиноземистых огнеупоров (муллитокорунд) ГОСТ 24704 – 96, а наружный слой футеровки выполняется из легковесного шамотного кирпича ГОСТ 390 – 96. Толщину внутреннего и наружного слоя, принимаем равной высоте двух слоев прямого огнеупорного кирпича равной 230 мм.

Внутренний слой футеровки для зоны предзакалки выполнен из высокоглиноземистых огнеупоров (муллитокорунд) ГОСТ 24704 – 96. Толщину слоя принимаем равной высоте прямого огнеупорного кирпича равной 115 мм, а наружный слой футеровки выполнен из легковесного шамотного кирпича. Принимаем толщину слоя равной высоте двух слоев прямого огнеупорного кирпича равной 230 мм.

Внутренний слой футеровки для зоны закалки выполнен из шамотного кирпича. Наружный слой футеровки выполнен из легковесного шамотного кирпича. Принимаем толщину каждого из слоев высоте слоя прямого огнеупорного кирпича равной 115 мм.

В результате проведенного исследования рассчитана футеровка реактора, в ходе которой подобраны материалы, а также рассчитана толщина внутреннего и наружного слоев футеровки в зонах горения, реакции, предзакалки и закалки, для уменьшения тепловых потерь в аппарате и предохранения стального корпуса реактора от воздействия высоких температур в его рабочих зонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов В.Ю. Производство и использование технического углерода для резин / В.Ю. Орлов, А.М. Комаров, Л.А. Ляпина. Ярославль: Издательство Александр Рутман, 2002. 512 с.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

О.А. Аверьянова, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика расчета станка и определение необходимой мощности двигателя для обработки алюминиевых и дюралюминиевых сплавов. Производится расчет необходимой силы зажима детали, КПД шарико-винтовой передачи, а также момент кручения при фрезеровании. Представлено определение реакции опор на каждой из направляющих по осям OX, OY, OZ

Ключевые слова: скорость резания, сила, мощность, крутящий момент, реакции опор.

CNC CONTINUOUS MILLING MACHINE DESIGN CALCULATION

O.A. Averyanova, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The machine design calculation particularity and the required engine power for the processing of aluminum and duralumin alloys defining are considered. The calculation of the required force for gripping power, the efficiency of the ball screw drive, as well as the torsional moment during the milling are made. The definition of the support reaction on each of the guides along the OX, OY, OZ axes is presented.

Keywords: cutting speed, force, power, torque, support reactions.

Для определения максимальной необходимой мощности принимаем концевую фрезу из материала Р6М5 диаметром 7 мм.

Расчет скорости резания:

$$v_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\phi v}}{T^m \cdot B^{XY} \cdot S^Y \cdot h^{UY} \cdot Z^{PY}}$$

показал, что для обработки алюминиевых и дюралюминиевых сплавов необходимо обеспечить $v_{\text{доп}} = 43 \text{ м/с}$, т.е. иметь на шпинделе 1930 об/мин.

Расчет возникающей при этом силы резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot B^{X_p} \cdot s_{z\phi}^{Y_p} \cdot z \cdot h^{u_p} \cdot K_p}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}}$$

дал величину $P_z = 1152,2 \text{ Н}$, что потребует мощность резания $N_{\text{рез}} = 0,8 \text{ кВт}$.

Необходимое тяговое усилие в передаче винт-гайка с учетом коэффициента запаса должна составлять $Q = 3226 \text{ Н}$.

Для обеспечения такой силы Q ходовому винту должен быть приложен крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{Q \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot \eta},$$

где t – шаг винта, η – КПД винтовой передачи.

$$\eta = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg}(\varphi + \rho)},$$

φ – угол подъема винтовой линии резьбы на среднем диаметре, ρ – угол трения в резьбе.

Необходимый крутящий момент составляет $M_{\text{кр}} = 2,65 \text{ Нм}$. Для проектируемого станка выбираем двигатель мощностью 1,5 кВт.

Расчет реакций в вертикальных направляющих при движении фрезы по координатам X и Y.

Расчетные схемы представлены на рис. 1–4. Сначала выполнила расчет привода по оси Z при движении по оси Y, используя расчетную схему на рис. 1.

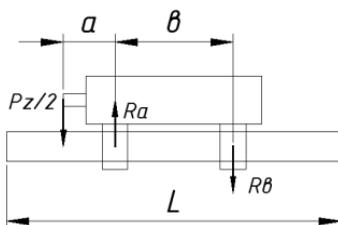


Рис. 1. Расчетная схема привода по оси Z, при движении по оси Y от силы P_z

$$R_b = P_z \cdot \frac{a}{b \cdot 2}$$

$$R_a = P_z \cdot \frac{a + b}{b \cdot 2}$$

При $a = 0,042 \text{ м}$ и $b = 0,158 \text{ м}$ получила $R_b = 153,1 \text{ Н}$, $R_a = 729,24 \text{ Н}$.

Далее выполнила расчет привода по Z, используя расчетную схему, представленную на рис. 2. Поскольку нагрузка симметричная, веду расчет только по одной из направляющих. На второй направляющей нагрузка будет аналогичной.

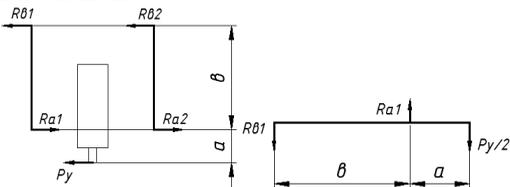


Рис. 2. Расчетная схема привода по оси Z, при движении по оси Y от силы P_y

$$R_{\theta 1} = \frac{P_y \cdot a}{2 \cdot \theta} \qquad R_{a1} = \frac{P_y \cdot (\theta + a)}{2 \cdot \theta}$$

При $a = 0,42$ м и $\theta = 0,158$ м получила $R_{\theta 1} = 150,29$ Н, $R_{a1} = 380,73$ Н.

В-третьих, рассчитала привод по оси Z, при движении по оси X, используя расчетную схему, представленную на рис. 3. Аналогично предыдущему случаю рассчитываю только одну из балок.

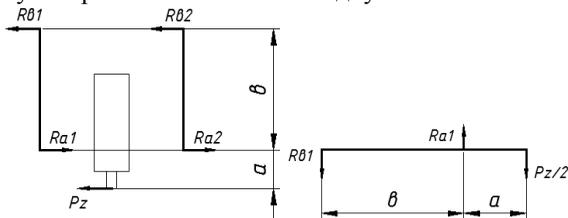


Рис. 3. Расчетная схема привода по оси Z, при движении по оси X от силы P_z

$$R_{\theta 1} = \frac{P_z \cdot a}{2 \cdot \theta} \qquad R_{a1} = \frac{P_z \cdot (\theta + a)}{2 \cdot \theta}$$

При $a = 0,15$ м и $\theta = 0,23$ м получила $R_{\theta 1} = 375,72$ Н, $R_{a1} = 951,82$ Н.

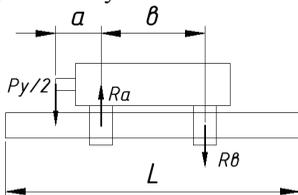


Рис. 4. Расчетная схема привода по оси Z, при движении по оси X от силы P_y

$$R_{в1} = \frac{P_y \cdot a}{2 \cdot b}$$

$$R_{a1} = \frac{P_y \cdot (a + b)}{2 \cdot b}$$

При $a = 0,042$ м и $b = 0,158$ м получила $R_{в1} = 375,72$ Н, $R_{a1} = 951,82$ Н.

Данные, полученные в ходе расчетов, позволяют понять, какие нагрузки способны выдержать опоры направляющих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчёт режимов резания часть 3. Фрезерование: методические указания / Сост.: А.В. Оборин, А.В. Серов, А.М. Шапошников; Яросл. гос. техн. ун-т. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 39 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / Под общ. ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. 655 с.

ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА В AUTODESK FUSION TEAM И СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАД НИМ С ДРУГИМИ УЧАСТНИКАМИ ПРОЕКТА

Д.Д. Аникиева, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс создания совместного проекта в AUTODESK FUSION TEAM. Далее загружаются из облачного хранилища Fusion 360 в проект ранее созданные детали для сборочного узла. Добавляются люди, приглашенные в данный проект по конфиденциальной ссылке, для связанной работы над ним. Онлайн редактирование и редактирование в классическом приложении проекта всеми приглашёнными участниками.

***Ключевые слова:** AUTODESK FUSION TEAM, FUSION 360, сборка, параметризация размеров, хаб.*

AUTODESK FUSION TEAM PROJECT COLLOBORATIVE DERIVATION PROCESS

D.D. Anikieva, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

AUTODESK FUSION TEAM collaborative derivation process is considered. The previously created setting parts from the Fusion 360 cloud storage are downloaded. People inviting to this project by confidential reference are added. Online and classical editing is typically enforced by all the invited participants

***Keywords:** AUTODESK FUSION TEAM, FUSION 360, Assembly, parameterization of dimensions, Hab.*

Fusion Team предоставляет централизованное рабочее пространство в облаке (хабе) для работы над проектами. Пользователям Fusion Team доступны действия, перечисленные ниже:

- Создание проектов;
- Добавление пользователей в проект;
- Совместное использование и управление данными проектов;
- Просмотр 2D- и 3D-проектов в браузере с любого устройства;
- Добавление в проекты пометок с помощью браузера;
- Просмотр и комментирование проектов индивидуально или в составе группы;
- Проведение обсуждений;
- Управление календарем проекта;
- Отслеживание обновлений по проекту и элементов, которые требуют внимания и действий пользователя.

Для создания групповой работы над сборочным узлом нужно было создать проект. Чтобы создать проект, добавляем участников и данные, схема приведена на рис. 1.

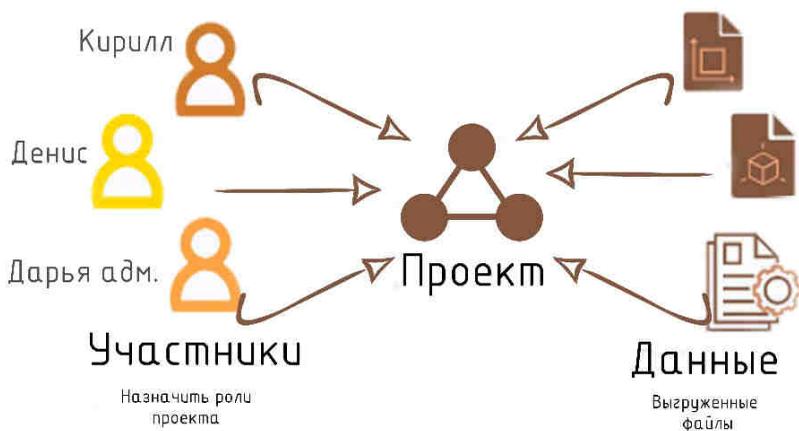


Рис. 1. Составляющие проекта

Добавление участников происходит при помощи рассылки на почтовые адреса индивидуального приглашения. Чтобы начать групповую работу, непосредственному участнику нужно перейти по ссылке, указанной в письме, пример письма на рис. 2.

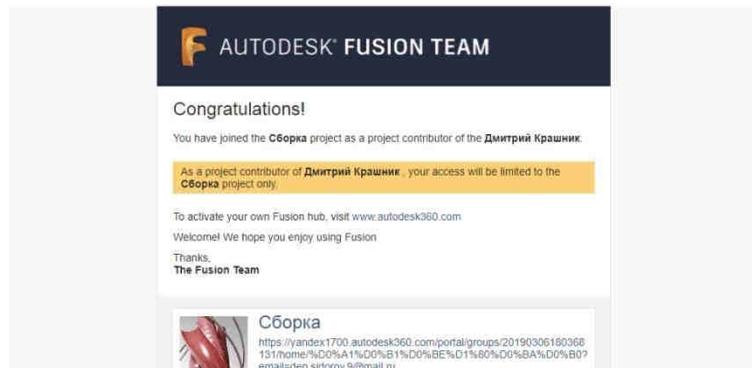


Рис. 2. Приглашение в проект

Продемонстрируем работу в группе на простом примере: Заказчик попросил изменить параметры и произвести сборку. Я как администратор назначаю кто за что отвечает, оставляю другим участникам проекта пометку в режиме online, в которой описываю задачу (рис. 3). Кирилл отвечает за изменения размеров, а Денис отвечает за сборку деталей.

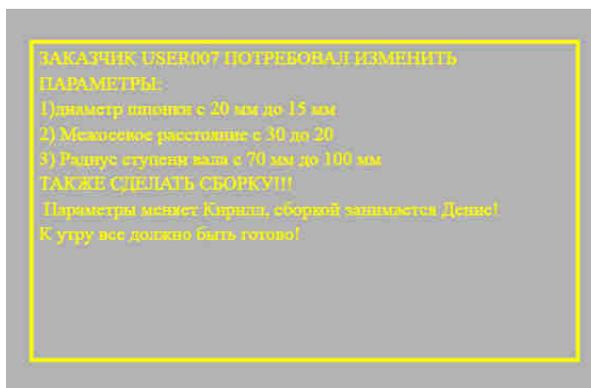


Рис. 3. Постановка задачи

AUTODESK FUSION TEAM позволяет редактировать в обозревателе (непосредственно прямо на сайте) и редактировать в классическом приложении. Поправки в проект могут вносить только те участники, у

которых стоит в графе роль: администратор или редактор. На рис. 4, 5 представлен прогресс работы над проектом.

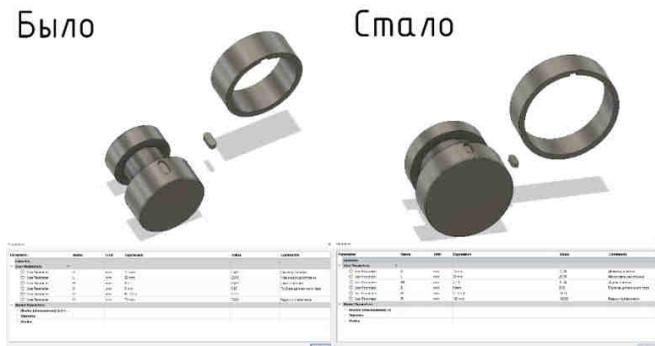


Рис. 4. Параметризация размеров от Кирилла



Рис. 5. Сборка от Дениса

Таким образом, при выполнении данной работы был создан проект в AUTODESK FUSION TEAM для групповой работы в режиме online администратором. По итогам совместной работы – создан сборочный узел из трех деталей со сменными параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Autodesk 360 "Что такое Fusion Team?" [Электронный ресурс]. М., 2019. URL: <https://myhub.autodesk360.com>
2. Autodesk, Inc. [Электронный ресурс]. М., 2019. URL: <https://help.autodesk.com/view/FSNT/RUS/?guid=GUID-8C18EED5-0C11-4AD7-89C5-85A81EF8906C>

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ

И.А. Арефьев, А.В. Оборин

Научный руководитель – **А.В. Оборин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс создания имитационной модели производственного участка для повышения эффективности работы в Tecnomatix Plant Simulation.

Ключевые слова: производственный участок, имитационное моделирование, Tecnomatix Plant Simulation.

SIMULATION OF MOULD CONSTRUCTION FOR ENHANCEMENT OF OPERATING EFFICIENCY

I.A. Arefev, A.V. Oborin

Scientific Supervisor – **A.V. Oborin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of simulation mould construction for enchancement of operating efficiency by Tecnomatix Plant Simulation is considered.

Keywords: production site, simulation, Tecnomatix Plant Simulation.

Цех – это элемент производственного предприятия, в котором выполняются одна или несколько работ по выпуску той или иной продукции. Он является основополагающим звеном производства, так как от его работы зависит успешность всего предприятия. Поэтому очень важно, чтобы производственная структура цеха была правильно сформирована.

В наше время на предприятиях существует ряд проблем, таких как: устаревшее оборудование, дефицит финансирования и материально – технической базы, нерациональное использование времени на определенных этапах жизненного цикла изготовления изделия и т.п.

Для улучшения функционирования и работы производственного участка используются различные методы исследования, одним из которых является имитационное моделирование. Этот метод позволяет создать на ЭВМ имитационную модель одного участка или предприятия в целом, исследовать функционирование реальной системы в разнообразных условиях, позволяет достичь лучших результатов за счет гибкости и легкости варьирования структуры.

Для создания имитационной модели используется ряд систем, одной из которых является TecnomatixPlantSimulation от компании Siemens. Программа позволяет выполнить имитацию реального производственного объекта что бы достичь максимально эффективных результатов. Также обладает возможностью составлять и производить симуляцию технологических процессов и многое другое.

Имитационное моделирование– метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, которая с высокой точностью описывает реальную систему. Построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности. С моделью проводятся различные эксперименты для поиска варианта максимально эффективной работы производства.

Система представляет собой инструмент дискретного имитационного моделирования, который позволяет создавать цифровые модели логистических систем (например, производства) для определения характеристик системы и имитации ее производительности.

В качестве инструментов в программе используется стандартная библиотека компонентов. Каждый компонент представляет собой имитацию какого-либо оборудования, что позволяет быстро построить имитацию планировки простого производственного участка без использования программирования. Система позволяет создавать имитации моделей как в 3D, так и в 2D форматах. Функционал дает возможность проигрывать любые варианты планировок участков.

На производственном участке цеха пресс форм предприятия АО «Ярполимермаш – Татнефть» имеется производственная проблема, связанная с пониженной эффективностью работы производственного участка. Решить данную проблему можно с помощью метода имитационного моделирования с использованием TecnomatixPlantSimulation. На участке существуют такие проблемы, как устаревшее оборудование, ручное перемещение большого количества, но небольшого типоразмера заготовок между операциями. Эти факторы существенно понижают эффективность работы этого технологического маршрута. Схема участка цеха представлена стрелками на рис. 1.

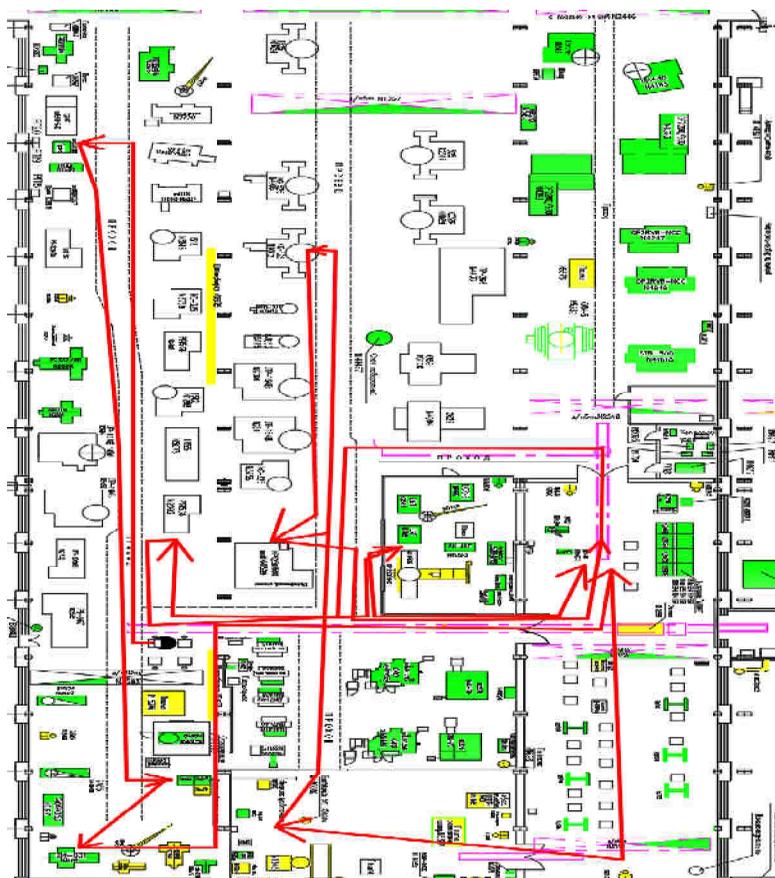


Рис. 1. Маршрут движения деталей по участку

Рассмотрим функционирование участка с обработки вкладышей. В общей сборке пресс формы их количество равно 74. Стальные заготовки, полученные методом литья, поступают в цех и укладываются на стеллажи, они и служат начальной точкой (черный круг на рис. 1) хода движения. Заготовки со стеллажей поступают на пресс для правки. Процесс правки всех вкладышей занимает в среднем 4 часа. Затем вручную переносятся на настольно – сверлильные станки для мелкой сверловки. Сверление отверстий на всех заготовках составляет 15 часов. Далее поступают на фрезерную обработку на двухсторонне – фрезерном станке ДФ–831, которая длится около 3 часа. После фрезеровки вкладыши по пролетам, указанным на планировке попадают на слесарный участок где происхо-

дит дальнейшая сборка. Она осуществляется в среднем за 4 часа. Далее сборочные единицы попадают на сварку, процесс занимает 3 часа. После сварки сборочные единицы поступают на токарно – карусельные станки (КС-326), где происходит прикатка вкладышей. Процесс прикатки занимает около 3,5 часа. Перевозятся на расточной станок для фрезеровки пазов, обработка длится в среднем около 9 часов. После чего снова поступают на слесарный участок, где происходит обработка рисунка, подготовка жетонов и т.д. Процесс слесарной обработки длится в среднем 40 часов. Далее поступают на лоботокарные станки (РТ45С4) для проточки профиля, для этого необходимо примерно 4 часа, затем поступают на гравировальные станки, где происходит гравировка надписи и наносится разметка под мелкую сверловку. Этот процесс занимает 12 часов. На финальной стадии сборочные единицы поступают на слесарный участок, где происходит их дальнейшая комплектация, процесс в среднем осуществляется за 35,4 часа.

В результате была построена упрощенная модель в системе Tecnomatix Plant Simulation, представленная на рис. 2.

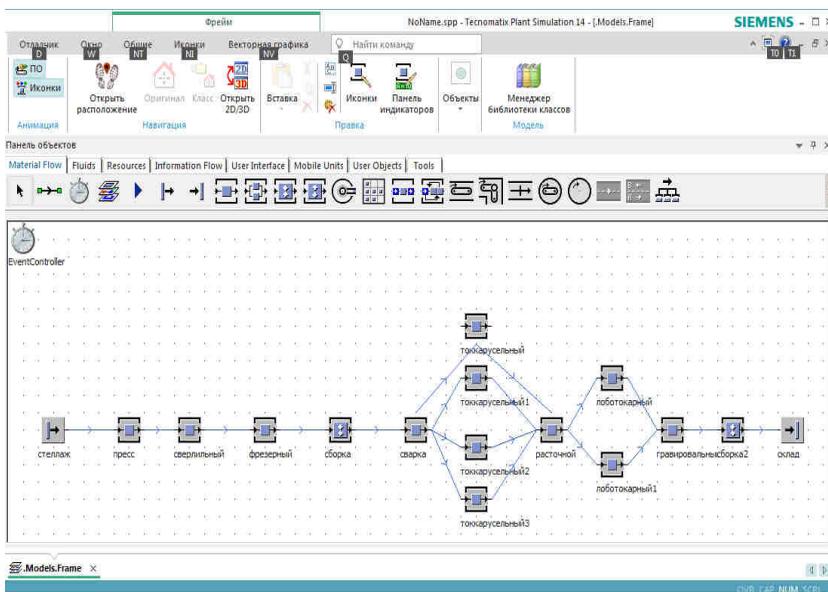


Рис. 2. Упрощенная модель в системе Tecnomatix Plant Simulation

Был проведен имитационный эксперимент над моделью реальной системы. В ходе работы было выявлено, что наибольшее снижение эф-

фektivности происходит на первых трех операциях (прессование, сверление, фрезерование). Это подтверждается и по ходу наблюдений за реальным участком.

В результате имитационного эксперимента на участке были выявлены наиболее проблемные зоны. К низкой эффективности на этих операциях приводит то, что двухсторонне – фрезерный станок имеет низкую производительность, в связи с этим на станке образовывается очередь заготовок на обработку, что приводит к простоям оборудования и рабочих на последующих операциях. Заготовки с операции на операцию перемещаются вручную, что также значительно снижает эффективность. В результате принято решение автоматизировать систему перемещения заготовок от пресса до сверлильного станка, фрезерный станок заменить на новый или увеличить количество до 2 единиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Studwood – информационный портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studwood.ru/1608493/informatika/ponyatie_imitatsionnoy_modeli_ponyatie_imitatsionnogo_modelirovaniya_struktura_vidy_imitatsionnogo_modelirovaniya
2. Itteach – информационный портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://itteach.ru/statisticheskoe-modelirovanie/suschnost-metoda-imitatsionnogo-modelirovaniya>
3. Научный форум – информационный портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nauchforum.ru/studconf/social/xl/13780>

УДК 621.865.8

РАЗРАБОТКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К.А. Белозеров, А.А. Кулебякин

Научный руководитель – **А.А. Кулебякин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс проектирования, 3D-печати, сборки и программирования манипулятора на платформе Arduino.

Ключевые слова: манипулятор, Arduino, 3D-печать.

DEVELOPMENT AND PROGRAMMING OF THE ARDUINO ROBOTIC ARM USING ADDICTIVE TECHNOLOGY

К.А. Belozerov, A.A. Kulebyakin

Scientific Supervisor – **A.A. Kulebyakin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the process of design, 3D-printing, assembly and programming of the Arduino robotic arm.

Keywords: manipulator, robot, robotic arm, Arduino, 3D-printing.

Данное устройство представляет из себя робот-манипулятор, механическое движение основных частей которого осуществляется при помощи трех сервоприводов и шагового двигателя. За основу был взят проект робота EEZYbotARM MK2, предназначенный для 3D-печати. Целью работы является:

- совершенствование конструкции робота путем замены сервопривода поворотного механизма в основании манипулятора на шаговый двигатель;

- освоение техники печати составных частей манипулятора на 3D-принтере;

- создание программы для платформы ArduinoUnoс возможностью управления манипулятором через Bluetooth-модуль и смартфон.

Данный манипулятор предназначен для захвата и переноса мелких объектов. При помощи двух сервоприводов возможно перемещение захватного устройства вверх, вниз, вперед и назад. Третьим сервоприводом реализуется захват. В основании конструкции находится шаговый двигатель, который осуществляет поворот робота на 180° .

3D-печать осуществлялась на принтере AnycubicI3 Mega. Для печати был использован PLA-пластик. Процесс печати составных деталей представляет собой следующую последовательность:

- проектирование сборки в программе AutodeskInventorProfessional 2017;

- экспорт каждой детали в формат .stl в высоком разрешении;

- создание управляющей программы в G-code при помощи UltimakerCura3.6.0;

- перенос управляющей программы на съемный носитель для чтения ее принтером;

- непосредственно печать.

Интерфейс программы Ultimaker Cura представлен на рис. 1. Режимы печати представлены в табл. 1.

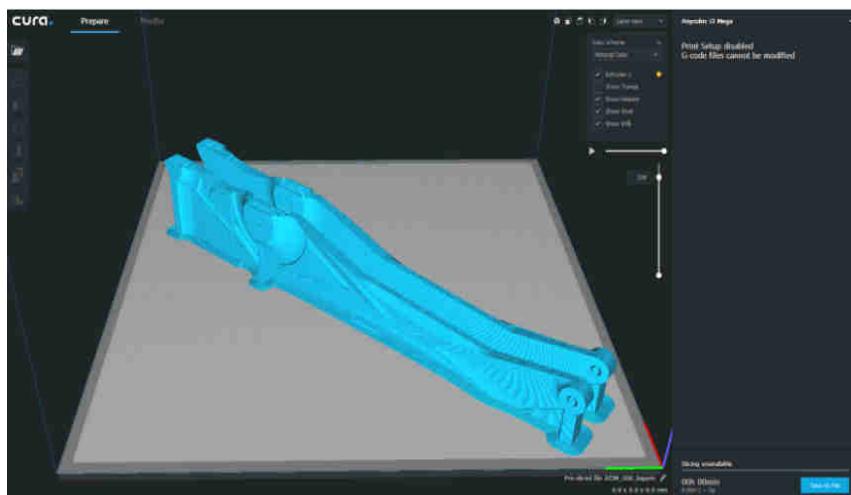


Рис. 1. Интерфейс программы Ultimaker Cura

Таблица 1. Режимы печати на 3D-принтере

№ п/п	Наименование	Значение
1	Высота слоя	0,1 мм
2	Заполнение	10%
3	Режим заполнения	«Зиг-заг»
4	Температура стола	60°
5	Температура сопла	200°

Внешний вид робота представлен на рис. 2. Управление роботом реализуется посредством приложения RemoteXY, при помощи которого со смартфона передаются команды на Bluetooth-модуль, подсоединенный к платформе Arduino. На рис. 3 представлен интерфейс программы RemoteXY, настроенный под задачи данного робота. В режиме «ON» возможно управление роботом при помощи слайдеров. В режиме «OFF» все сервоприводы и шаговый двигатель приводятся в стандартное положение. Левый и правый слайдер позволяют управлять сервоприводами, контролирующими наклон частей манипулятора. При помощи среднего слайдера приводится в действие захватное устройство. Нижний слайдер необходим для управления шаговым двигателем, установленным в основании робота и служащим для поворота робота.



Рис. 2. Внешний вид робота



Рис. 3. Интерфейс программы RemoteXY

Интерфейс управления создается на сайте программы «RemoteXY» [1]. После чего на компьютер предлагается сохранить файл программы с расширением .ino для последующей корректировки в среде разработки программ Arduino IDE [2]. В программе инициализируем все сервоприводы, шаговый двигатель, Bluetooth-модуль, подключив соответствующую

щие библиотеки. После написания программа через USB-кабель загружается в микроконтроллер.

В табл. 2 представлен перечень компонентов, необходимый для сбора схемы на базе Arduino. На рис. 4 показана схема подключения.

Таблица 2. Перечень компонентов для сбора схемы

№ п/п	Наименование компонента	Количество
1	Платформа ArduinoUno	1
2	Сервопривод SG90	3
3	Шаговый двигатель в комплекте с драйвером	1
4	Bluetooth-модуль HC06	1
5	Макетная плата	1

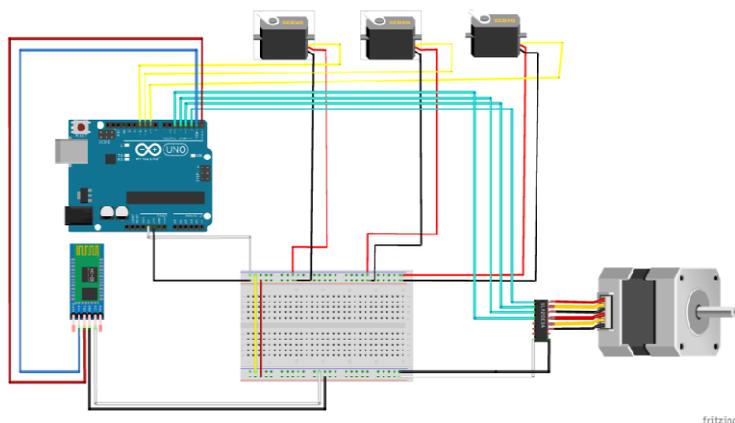


Рис. 4. Схема подключения

Таким образом, модернизация конструкции путем замены сервопривода на шаговый двигатель позволила увеличить точность поворота манипулятора. Была создана программа на платформе ArduinoUno с возможностью управления со смартфона при помощи приложения RemoteXY.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приложение RemoteXY [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://remotexy.com/>
2. Программное обеспечение ArduinoIDE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА PASCAL OMEGA

М.С. Ермаков, К.А. Белозеров, А.А. Кулебякин, О.Н. Калачев

Научные руководители – **А.А. Кулебякин**, канд. техн. наук,
доцент;

О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс создания управляющей программы на языке g-code для автоматизации процесса сборки конструкции из трех деталей.

Ключевые слова: манипулятор, робот, G-code, 3D-печать.

ROBOT- MANIPULATOR PASCAL OMEGA ASSISTED ASSEMBLY AUTOMATION

M.S. Ermakov, K.A. Belozеров, A.A. Kulebyakin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisors – **A.A. Kulebyakin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the process of creating control program by G-code for process automation during the construction of three details.

Keywords: manipulator, robot, robotic arm, G-code, 3D-printing.

Процесс создания управляющей программы (УП) состоит из ряда задач:

- определение последовательности действий робота;
- определение координат положения робота при транспортировке;
- написание рабочей программы для заданных конечных позиций деталей.

На рис. 1 представлена схема робототехнического комплекса Pascal Omega. Суть сборочной операции заключается в перемещении деталей с различных позиций склада в одну из позиций стеллажа друг на друга.

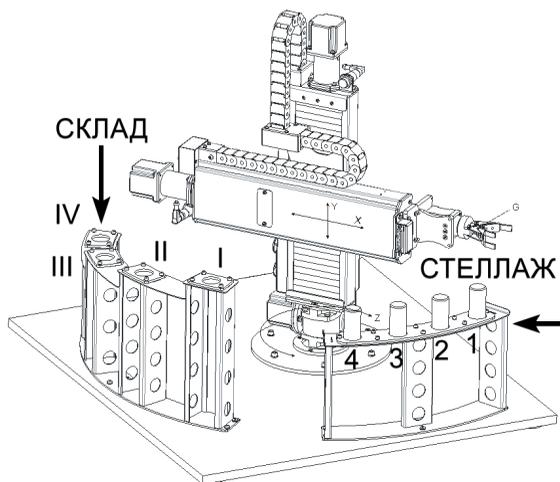


Рис. 1. Схема робототехнического комплекса

Для создания программы на 3D-принтере Anycubic I3 Mega были распечатаны три детали различной формы. При печати использовался PLA-пластик синего цвета. На рис. 2 представлены 3D-модели в программе Ultimaker Cura 3.6.0.

Деталь А установлена в позицию III, деталь В – в позицию II, деталь С – в позицию IV. После выполнения программы детали должны выстроиться друг на друга в ячейку стеллажа № 2.

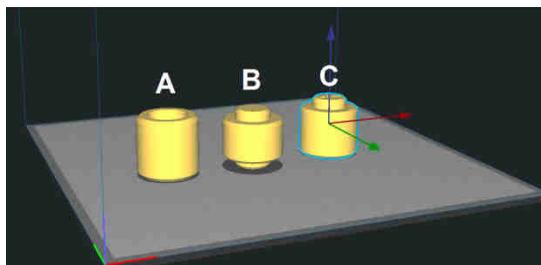


Рис. 2. Подготовленные 3D-модели

Управление роботом ведется через специальную программу управления. В начале работы нажимаем «Выход в ноль системы управления», манипулятор перемещается в нулевые точки по всем координатам. При помощи кнопок «ручное управление» ищем координаты позиций. Найденные координаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Найденные координаты

Деталь	Позиция	Координата		
		X	Y	Z
А	III	90	336.15	58.62
В	II	90	279	81.60
С	IV	90	400	35
А	2	90	380	166
В	2	90	332	165
С	2	90	280	165

Имея координаты всех позиций можно составить УП. Описание порядка программирования с примерами и списком команд приведены в учебном пособии [1]. Все перемещения робота PascalOmega задаются при помощи команды G01 с последующим указанием оси и величины перемещения. УП выполняется покадрово. Если в одном кадре присутствуют перемещения сразу по нескольким осям, то произойдет интерполяция криволинейной траектории движения. Для каждого кадра можно задать скорость перемещения при помощи оператора F, за которым следует число от 0 до 100. Для предотвращения столкновения манипулятора со складом или стеллажом в каждом кадре задается движение лишь по одной оси. Задав скорость один раз, в последующих кадрах она останется без изменений. Поскольку стеллаж и склад располагаются на одинаковом расстоянии по оси X, то достаточно лишь одного перемещения по этой оси для выполнения сборочной операции. Ниже приведен фрагмент УП сборочной операции с описанием значения каждого кадра.

Таблица 2. Фрагмент управляющей программы

G01 X90 F80	Перемещение по оси X в координату 95.42 со скоростью 80
G01 Z58.62	Перемещение по оси Z в координату 58.62
G01 Y336.15	Перемещение по оси Y в координату 336.15
LOCKERON	Зажать схват
G01 Y130	Перемещение по оси Y в координату 130
G01 Z165	Перемещение по оси Z в координату 165
G01 Y380	Перемещение по оси Y в координату 380
LOCKEROFF	Разжать схват

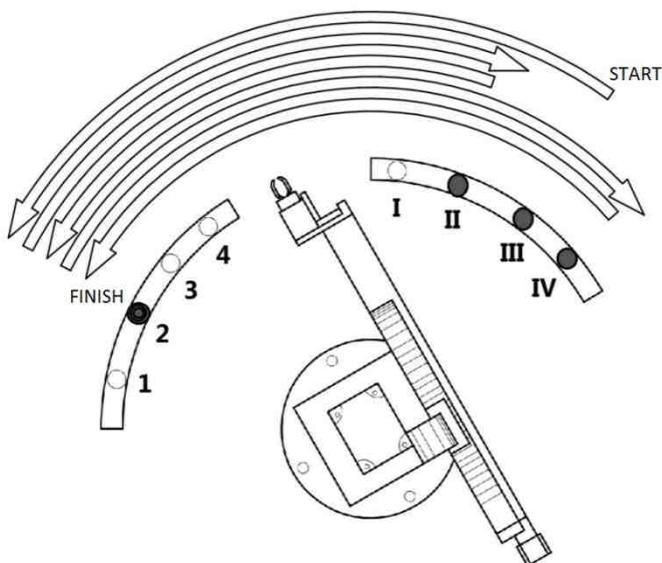


Рис. 3. Визуализация траектории перемещения манипулятора

Таким образом, был изучен метод программирования робота-манипулятора Pascal Omega при помощи G-code; были проведены подготовительные работы по 3D-печати деталей, перемещаемых манипулятором; эмпирическим путем были подобраны координаты положения схвата манипулятора; была составлена программа, в результате выполнения которой детали, располагаемые изначально на различных позициях склада, выстроились друг на друга в позиции номер два стеллажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PASKALOMEGA 1-3X(H)-USB-ARMDUINO: Учебное пособие. Челябинск, 2018.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА PYTHON ПРИ ПРОГРАММНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ FUSION 360

Е.С. Белоусова, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Выполняется анализ актуальности создания специализированных САПР на основе программных модулей по сравнению с интерактивным проектированием. Далее рассматриваются этапы программирования геометрии посредством языка Python с использованием объектной модели для Fusion 360 API. Представлены основные принципы создания диалогового окна на примере ввода значений параметров, по которым программно построена 3D-модель.

***Ключевые слова:** программные модули, Python, Fusion 360 API, диалоговое окно, 3D-модель.*

THE OPPORTUNITY OF THE PYTHON LANGUAGE RESEARCH BY BATCH DESIGN OF MACHINE BUILDING IN THE FUSION 360 ENVIRONMENT

E.S. Belousova, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the relevance of the creation of specialized CAD systems based on software modules compared to interactive design is performed. The programming steps of the geometric Python language using the object model for the Fusion 360 API are considered. The basic principles of creating a dialog box are presented on the example of inputting parameter values according to which a 3D model is programmed.

***Keywords:** software modules, Python, Fusion 360 API, dialog box, 3D model.*

CAD/CAM/CAE-система Autodesk Fusion 360 представляет собой средство 3D-проектирования и разработки изделий на основе облачных технологий хранения данных.

Появление модуля API в среде Fusion 360 или иначе интерфейс прикладного программирования предоставляет пользователям возможность писать программы, которые будут выполнять те же операции, что и при интерактивном использовании Fusion 360, но существенно ускоряющие работу пользователя. Предоставляя API, Fusion 360 позволяет расширять свой функционал, создавать специализированный инструмент, который необходим для решения конкретной задачи, а также автоматизировать рутинные операции, что приводит к повышению производительности [1].

Fusion API реализуется в виде скриптов (сценариев) и Add-Ins приложений (надстроек), созданных при помощи языков программирования C++, Python, JavaScript. Написание скриптов выполняется с помощью дерева объектной модели. Ниже представлена методика исследования возможностей языка Python[3].

Для освоения базовых возможностей языка Python необходимо было написать программу для построения 3D-модели, создать пользовательский ввод параметров в диалоговое окно и проверить правильность выполнения параметризации.

В качестве исходных данных для создания скрипта при построении 3D-модели был взят эскиз детали втулки (рис.1).

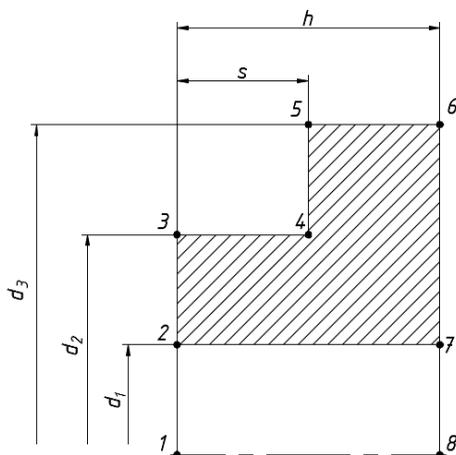


Рис. 1. Эскиз втулки с обозначениями примитивов и параметров

Описание программирования геометрии на языке Python с использованием дерева объектной модели для Fusion 360 API включает несколько этапов: сначала создается ссылка на корневой компонент, затем выбирается плоскость для построения эскиза, далее описывается непосредственно геометрия контура втулки с использованием стандартных команд: линия, точка. Создание 3D-модели было реализовано с помощью команды вращения вокруг оси, проходящей через 2 точки.

Основное внимание уделялось созданию диалогового окна ввода параметров. Требовалось создать окно для ввода значений параметров и на основании этих значений получить 3D-модель втулки. Написание программы для диалогового окна было выполнено с помощью создания Add-In надстройки. В данной надстройке был описан код программы, который содержал ссылки на ввод пользовательских параметров, а также на создание интерфейса диалогового окна. На рис. 2 показаны 3D-модель втулки и диалоговое окно ввода.

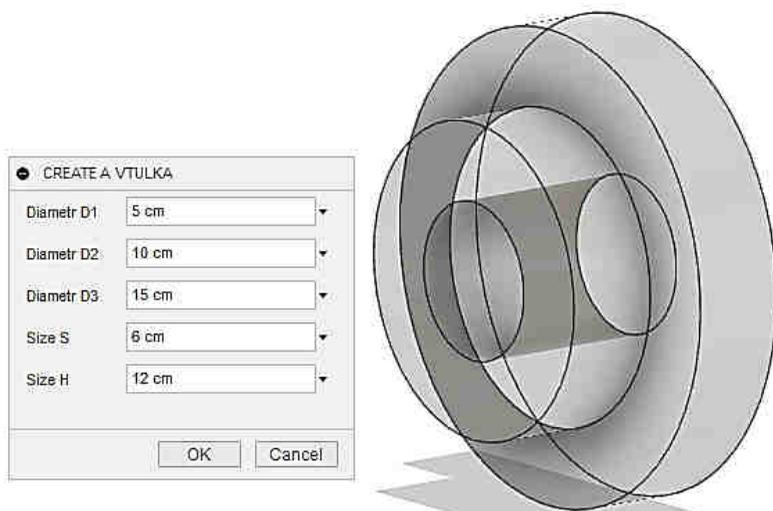


Рис. 2. 3D-модель втулки для набора параметров

Проверка параметризации выполнялась путем изменений параметров в диалоговом окне ввода значений. Реализация геометрии для разных сочетаний параметров, например диск, труба, представлена на рис. 3 и 4.

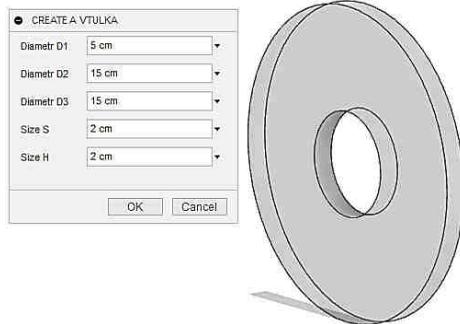


Рис. 3. 3D-модель диска

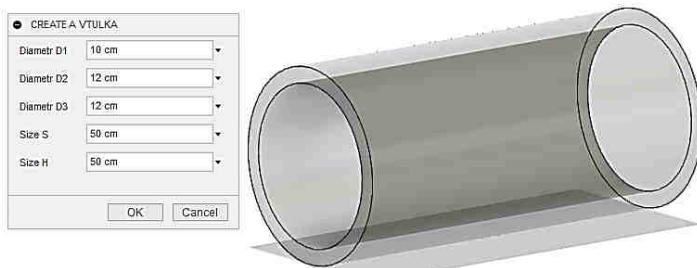


Рис. 4. 3D-модель трубы

Таким образом, при выполнении данной работы были изучены основные возможности языка программирования Python с использованием объектной модели Fusion 360 API для описания 3D-модели. Исследованы особенности создания диалогового окна на примере пользовательского ввода параметров, в результате которого было получено несколько реализаций 3D-модели втулки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преимущества использования Fusion 360 API на этапе проектирования [Электронный ресурс]. URL: https://www.fassen.net/video/HSKDjOWX_Do.
2. Fusion 360 API User's Manual [Электронный ресурс]. URL: <http://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU>.
3. Свирневский Н.С. Разработка приложений для продуктов Autodesk: Учебное пособие. Хмельницкий: ХНУ, 2016. 308 с.
4. Fusion 360 API Object Model: [Электронный ресурс]. URL: <http://help.autodesk.com/cloudhelp/ENU/Fusion-360-API/images/Fusion.pdf>.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ MACH3 И NC STUDIO ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНКА С ЧПУ

А.А. Бычков, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика работы систем управления ЧПУ Mach3 и NCStudio на основе сравнения результатов обработки по тестовой траектории. При этом задаются одинаковые параметры скоростей и ускорений. На основе полученных результатов делаются выводы и даются рекомендации по максимальной эффективности использования программного обеспечения для управления модернизированным станком с ЧПУ.

Ключевые слова: ЧПУ, Mach3, NCStudio, системы управления ЧПУ, Координатограф КПА-1200, ЧПУ станок «АйТиТехмаш-1».

MACH3 AND NC STUDIO MANAGEMENT SYSTEM RESEARCH FOR CNC MACHINE-TOOL RETROFIT

A.A. Bychkov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The specificity of the CNC control systems Mach3 and NCStudio on the basis of a comparison of the results of processing along a test path is considered on the basis of a comparison of the results of processing along a test path. The same parameters of speed and acceleration are set. On the basis of the obtained results the maximum efficiency of using software for controlling a modernized CNC machine conclusion are made and recommendations are given.

Keywords: CNC, Mach3, NCStudio, CNC control systems, KPA-1200 Coordinator, CNC machine «ItTechMash-1»

На кафедре «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения» мной и моим коллегой Белавиным В.А. на базе координато-

графа КПА-1200 был собран фрезерный станок с ЧПУ. Механика координатографа была оснащена необходимыми двигателями, микросхемами, управляемой осью и шпинделем, системой охлаждения, сопряжена с двумя системами ЧПУ, сконфигурирована с персональным компьютером и, после испытаний, модернизированный станок под именем «АйТиТехмаш-1» введен в эксплуатацию (рис. 1).



Рис. 1. Фрезерный станок с ЧПУ «АйТиТехмаш-1»

При модернизации СЧПУ было принято решения использовать одновременно две системы управления ЧПУ, а именно Mach3 и NCStudio. В ходе их изучения были выявлены оптимальные значения скоростей и ускорений. Для обеих программ приняты одинаковые настройки осей, а именно:

- Скорость X - 6000 мм/мин; Ускорение X - 25 мм/сек²
- Скорость Y - 6000 мм/мин; Ускорение Y - 25 мм/сек²
- Скорость Z - 6000 мм/мин; Ускорение Z - 250 мм/сек²

Была также подобрана оптимальная тестовая траектория для сравнения программ (рис. 2).

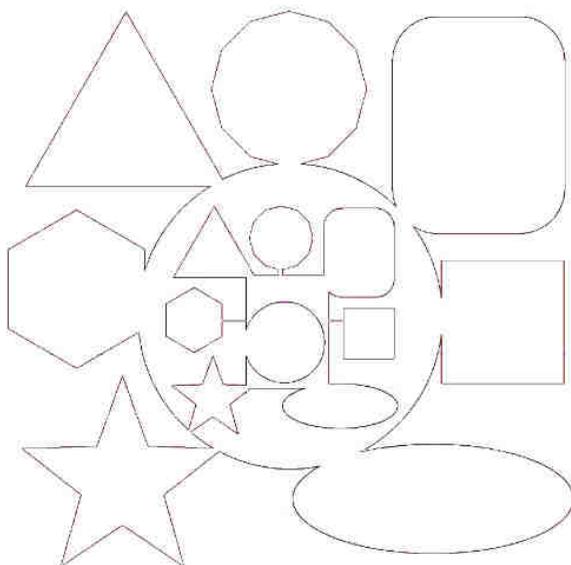


Рис. 2. Тестовая траектория

Mach3. На сегодняшний день самая популярная программа для авторских станков ЧПУ из представленных на рынке.

Работает на ОС Windows, НО стоит дешевле своих аналогов, а также имеется возможность найти версии нелегального продукта.

Богатый интерфейс и открытость ПО дают возможность настроить эту систему под производственные нужды путем создания оригинальных рабочих экранов и написания макросов. Имеется возможность подключения внешних контроллеров, что удобно, так как многие контроллеры поддерживают обратную связь от сервоприводов.

От внешнего аппаратного контроллера будет зависеть максимальная частота импульсов Step, например, SmoothStepper позволяет использовать частоты до 4 МГц, что полезно для сервоприводов, и явный перебор для шаговых моторов.

NCStudio. Система имеет упрощенный интерфейс в стиле Windows 95. Предположительно, это является причиной низкой заинтересованности данным продуктом.

Хотелось бы выделить несколько следующих явных плюсов данной СЧПУ по сравнению с аналогами.

- Простота подключения и использования датчика автоматического зануления оси Z.

- Управляющая программа СЧПУ загружается полностью в буфер программы, после чего файл уже не задействуется, т.е. в случае потери доступа к файлу, это не повлияет на работу станка. Даже после экстренного выключения ПК СЧПУ станка, программа будет помнить загруженную ранее УП. Это удобно, особенно в том случае, когда файл УП передаётся по корпоративной сети или через облачное хранилище. Также благодаря этой функции в случае сбоя или экстренного выключения оборудования программа запоминает координаты положения инструмента, что позволит после устранения неисправности продолжить обработку с места сбоя.

Рассмотрим производительность и качество обработки двумя СЧПУ выбранной тестовой траектории РИ (см. рис. 2).

Время обработки тестовой траектории.

Mach3 (время обработки -- 5:20)

Mach3 отличная программа для фрезеровки рельефов, где мы можем позволить себе небольшие сглаживания траектории. Наиболее эффективно будет сочетаться с программами типа ArtcCAM. Снижает скорость на некоторых элементах траектории, где можно было бы этого не делать.

NCStudio (время обработки -- 3:10)

Этой программе удалось добиться такой быстрой обработки траектории из-за очень продуманного алгоритма расчета траектории.

NCStudio реализует движение точно по заданной траектории, что может негативно сказаться на времени обработки сложных, криволинейных поверхностей, таких как декоративные рельефы. Оптимально подойдет для обработки точных изделий, таких как штампы и пресс формы, или же для раскройки материалов.

В докладе рассматриваются также особенности регулировки электронных компонентов, методика эксплуатации станка, примеры программирования УП и результатов обработки.

Таким образом, путем проведения нами изучения, сборки, настройки и многочисленных экспериментов с приобретёнными МИП Ай-ТиТехмаш комплектующими кафедра получила фрезерный станок с ЧПУ для обработки крупногабаритных заготовок, проведения типовых лабораторных работ по различным дисциплинам бакалавриата и магистратуры направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форум cnc-club.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cnc-club.ru/forum/index.php> (Дата обращения: 13.03.2019).

**ЭКРАННАЯ СБОРКА УСП В СРЕДЕ INVENTOR 2019
ПРИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА**

В.О. Горбачёв, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика создания 3D-моделей деталей комплекта универсально-сборных приспособлений в среде Autodesk Inventor 2019. Создаются 3D-модели деталей УСП и пользовательская библиотека, содержащая в себе готовые модели для последующих сборок техоснастки. Демонстрируются приёмы сборки из готовых моделей в конкретное приспособление. Далее рассматривается коллективная работа посредством облачных технологий Autodesk. Представлены особенности коллективной работы при проектировании техоснастки в Inventor 2019.

***Ключевые слова:** CAD, CAM, Autodesk, Inventor, Autodesk 360, AutoCAD, цифровой прототип, цифровой двойник, технологическая оснастка, 3D-модель, Кузнечов, УСП.*

**SCREEN ASSEMBLY OF UNIVERSAL PREFABRICATED
DEVICES DESIGN ENGINEERING PREPRODUCTION
IN THE INVENTOR-2019 ENVIRONMENT**

V.O. Gorbachev, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The specifics of creating 3D-models of parts of a set of universal prefabricated devices in the Autodesk Inventor 2019 environment is considered. 3D-models of USP parts and library containing ready-made models for subsequent assembly of technical accessories are created. The assembling ready-made models to a specific device is estimated. The collaboration with Autodesk Cloud technologies is provides. The features of collaboration for the design of technical equipment in Inventor 2019 is considered.

Keywords: CAD, CAM, Autodesk Inventor, Autodesk 360, AutoCAD, digital prototype, digital twin, technical equipment, 3D-model, Kuznetsov, UAT.

Одним из важных этапов технологической подготовки является задача конструирования технологической оснастки, а именно приспособлений, закрепляющих заготовки на металлорежущих станках.

Для упрощения этой задачи в условиях производства используются комплекты универсально-сборных приспособлений (УСП).

Выбор УСП зависит от метода обработки, конфигурации и размеров заготовки.

Использование плоского представления пространственной компоновки является одной из причин снижения производительности конструирования и вынуждает порой прибегать к трудоёмкой доводке приспособления на этапе физической сборки [1].

Процесс построения 3D-моделей в Autodesk Inventor 2019 схож с другими CAD/CAE-системами (CimatronE, NX, SolidWorks и т. д.): сначала выбирается плоскость для построения 2D-эскиза, затем с помощью стандартных примитивов «отрезок», «окружность», «прямоугольник» и т. д. выполняется построение необходимого контура. После идёт необязательный, но крайне важный в перспективе работы с моделью этап – приостановка размеров эскиза и наложение ограничивающих степени свободы связей. Далее с помощью инструментов твердотельного моделирования из построенного контура строится 3D-модель.

На рис. 1 показан процесс моделирования в системе Autodesk Inventor 2019, в частности создание технологического отверстия по параметризованному эскизу.

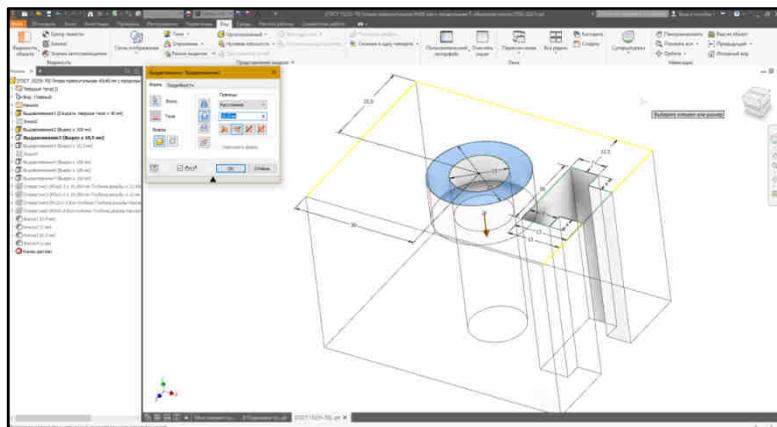


Рис. 1. Процесс моделирования в среде Inventor 2019

На этапе создания эскиза для будущих операций твердотельного моделирования важным шагом является параметризация эскиза. В случае УСП бывает частой ситуация, что два изделия могут принадлежать к одному наименованию, но отличаться исполнением. В таком случае, при правильно выполненной параметризации, достаточно лишь изменить значение нужного параметра. Рассмотрим параметризацию на примере УСП-16 «Прокладка прямоугольная».

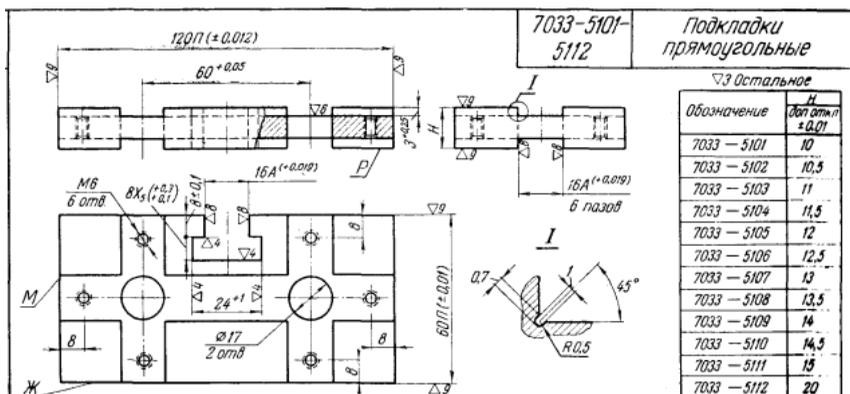


Рис. 2. Прокладка прямоугольная с вариантами исполнения [4]

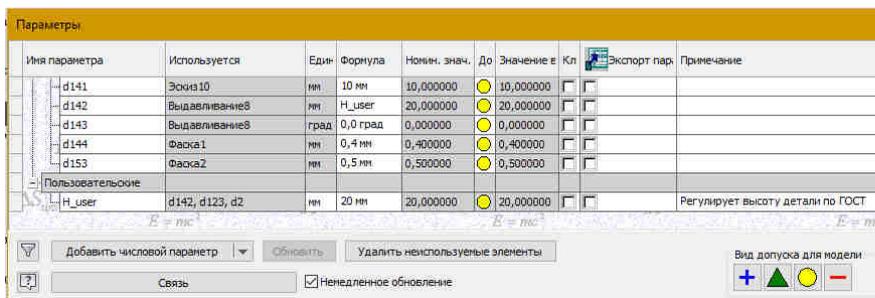


Рис. 3. Окно параметров в Inventor 2019

Autodesk Inventor с версии 2018 года поддерживает MBD – ModelBase Definition. MBD позволяет интегрировать производственную информацию, такую как размеры, предельные отклонения, допуски расположения и т. д. с 3D-моделью. Это позволяет инструментам ЧПУ прочитать модель и произвести деталь. Идея в том, чтобы избежать генерации двумерных чертежей и как следствие уменьшить количество ошибок, совершаемых при разработке двумерного чертежа [2].

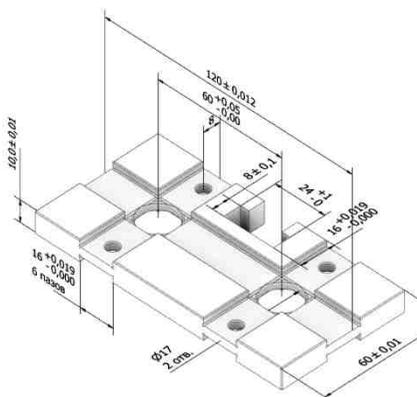


Рис. 4. Вариант исполнения УСП 7033-5101

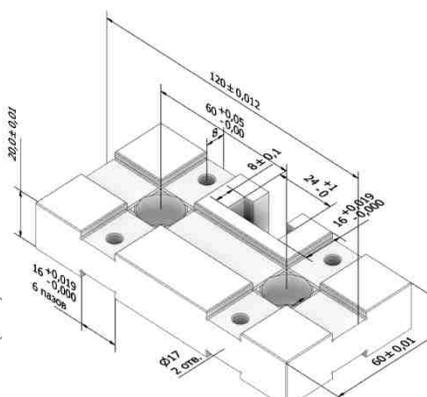


Рис. 5. Вариант исполнения УСП 7033-5112

Для удобства работы с универсально-сборными приспособлениями, в Inventor 2019 имеется возможность создать пользовательскую библиотеку с набором всех необходимых моделей.

Интеграция с облачными службами Autodesk позволяет ускорить такие процессы, как работа над чертежом/макетом с другими пользователями или визуализация 3D-изображения. При помощи облака выполнение задач, требующих большой вычислительной мощности, занимает несколько часов или даже минут, а не дней, и выполнять эти задачи можно практически в любое время и в любом месте.

Таким образом, работа в облаке позволит решить задачи повышения качества выполняемых работ и обеспечения оперативности конструкторско-технологической подготовки производства совместно с оптимизацией ввода результата работы в эксплуатацию на месте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачёв О.Н.* Автоматизация проектирования в MCAD-системе сборок типовых приспособлений для механообработки / О.Н. Калачёв, Е.А. Чумак // Автоматизация и современные технологии. М., 2004. № 6. С. 18-25.
2. Ресурс isicad: Autodesk Inventor в сжимающихся тисках между Solid Works и Autodesk Fusion [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19361
3. Облачные службы Autodesk 360 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/360-cloud>
4. *Кузнецов В.С.* Универсально-сборные приспособления в машиностроении. Альбом чертежей / В.С. Кузнецов, Б.А. Пономарев. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1971. 170 с.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ НА КАФЕДРЕ КИ ТМС

А.С. Гуляев, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена технология 3D-сканирования. Изучен вопрос её использования в учебном процессе на кафедре КИ ТМС. Разработана структура нового раздела дисциплины «Быстрое прототипирование функциональных моделей» учебного плана магистратуры. Предложен набор компетенций, проанализированы и представлены результаты оценки возможностей сканера.

***Ключевые слова:** 3D-сканирование, быстрое прототипирование.*

THE QUESTION OF USING 3D SCANNING IN THE EDUCATIONAL PROCESS AT THE DEPARTMENT OF CI TMS

A.S. Gulyaev, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

3D scanning technology is reviewed. The issue of use 3D scanning technology in the educational process at the CI TMS department has been studied. The structure of the new section of the discipline "Rapid prototyping of functional models" of the master's curriculum has been developed. A set of competencies is proposed, the results of the assessment of the scanner capabilities are analyzed and presented.

***Keywords:** 3D scanning, rapid prototyping.*

Технологии 3D-сканирования находят большее применение в современном машиностроении как на этапе проектирования, так и на различных этапах производства для контроля точности изготовления. По разным оценкам оно способно существенно экономить время в ходе промышленного дизайна. Таким образом, практическое изучение различных

аспектов объемного сканирования весьма актуально в учебном процессе по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

В работе дана классификация различных моделей 3D-сканеров и их производителей, показаны характерные области применения. На основе анализа разработок, представленных в интернете [1-5], разработана структура нового раздела дисциплины «Цифровое и быстрое прототипирование функциональных моделей» учебного плана магистратуры 15.04.05 направленности «Компьютерно-интегрированное машиностроение».

Предлагается формирование нескольких компетенций, связывающих результаты сканирования и их последующую обработку по следующим направлениям.

1) Получение натурального образца на 3D-принтере после выбора рационального положения модели средствами программного обеспечения слайсера,

2) Дальнейшая обработка (реверс-инжиниринг) результата сканирования с целью получения векторной модели и ее последующей геометрической корректировки в зависимости от функционального назначения детали,

3) Разработка управляющих программ для станка с ЧПУ на основе первичного и вторичного (векторного) файлов в зависимости от точности сканирования и потребностей производства.

Содержание лабораторного практикума оценивалось применительно к текущему оснащению – приобретённой на кафедре КИ ТМС модели 3D-сканера Shining3DEinScanSE. Для работы с ним используется достаточно мощный ПК с объемом оперативной памяти 16 Гб.

Эксперименты с оценкой точности сканирования физических образцов размеров, не выходящих за пределы рабочего стола этого сканера, подтвердили достаточно высокую точность воспроизведения сложных объемных поверхностей. Выполнена серия экспериментов с изучением влияния шага вращения поворотного стола на качество формируемой цифровой модели, а также количества и особенностей расположения образца на вращающемся столе с точки зрения качества «сшивки» сканированных фрагментов. На рис. 1 показан общий вид сканера в ходе обработки детали и отображение процесса сканирования на экране.

В ходе работы было выявлено, что при сканировании объектов с отражающей поверхностью, такой как у полированной металлической детали, оптический свет отражается и приводит к большим погрешностям трехмерной модели, поскольку сканер не получает полного облака. Прозрачный материал, такой как стекло, также является проблемным для 3D-сканирования, поскольку не отражает излучение, и не возвращает

данные на сканер. В таких ситуациях было применено покрытие объекта аэрозольной “матирующей” краской [2].



Рис. 1. Процесс сканирования объекта и происходящее на экране программы



Рис. 2. Типовая деталь для сканирования и её прототип

В итоге проведенного исследования предложена методика рациональной работы со сканером при проведении лабораторных работ в учебном процессе магистратуры направления 15.04.05 по дисциплине «Быстрое прототипирование функциональных моделей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт разработчика Shining 3D EinScanSE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.einscan.com>
2. Влияние материала на сканирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://wiki.xyzprinting.com/3d_scanner/en/tips-material/
3. 3D-сканирование в интересах 3D-моделирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comprice.ru/articles/detail.php?ID=40134>
4. 3D-сканирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40561/1/tmuenin-2016-38.pdf>
5. Практический подход к реверсивному инжинирингу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sapr.ru/article/8120>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

И.М. Дресвянин, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена схема развёртывания системы ЛОЦМАН:PLM 2018 и её использование при моделировании коллективной работы в условиях университета. Варианты подключения сервера базы данных, сервера лицензий, сервера приложений и клиентских приложений между собой.

Ключевые слова: Лоцман, PLM, коллективная работа, ПО, сервер, клиент, база данных.

SIMULATION OF CONSOLIDATED INFORMATION FOR DESIGN ENGINEERING PREPRODUCTION

I.M. Dresvyanin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The scheme of system LOTSMAN:PLM 2018 and its use in collaboration modeling in the University is considered. The database server login options, license server, appservers and client applications software are considered.

Keywords: Lotsman, PLM, teamwork, SOFTWARE, server, client, database.

В результате обучения по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств осваивается компетенция совместной командной работы конструкторов и технологов при подготовке производства. Вопросы практической реализации взаимодействия проектировщиков предлагается изучать в ходе практики по НИРв среде ЛОЦМАН:PLM, развёрнутой на кафедре КИ ТМС.

Система ЛОЦМАН:PLM 2018 [1, 2] представляет собой распределенную информационную систему, в которой выделены клиентская и

серверная части. Участники проектной команды связаны единой базой данных, посредством ПО клиентов, развернутых на нескольких ПК. Приложение, относящееся к клиентской части ЛОЦМАН:PLM, подготавливает данные по деталям и узлам изделия, формирует дерево разнородной информации об изделии, осуществляет обмен информацией с другими пользователями-проектировщиками через разделяемую БД, поддерживаемую на сервере комплекса.

Задачи конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП): разработка и согласование конструкторской документации, внесение изменений в КД, проведение извещений, разработка технологических процессов изготовления деталей, материальное разработка маршрутов согласования и изготовления изделий и др. Всё это можно координировать при помощи системы ЛОЦМАН:PLM, но прежде ее необходимо установить и настроить.

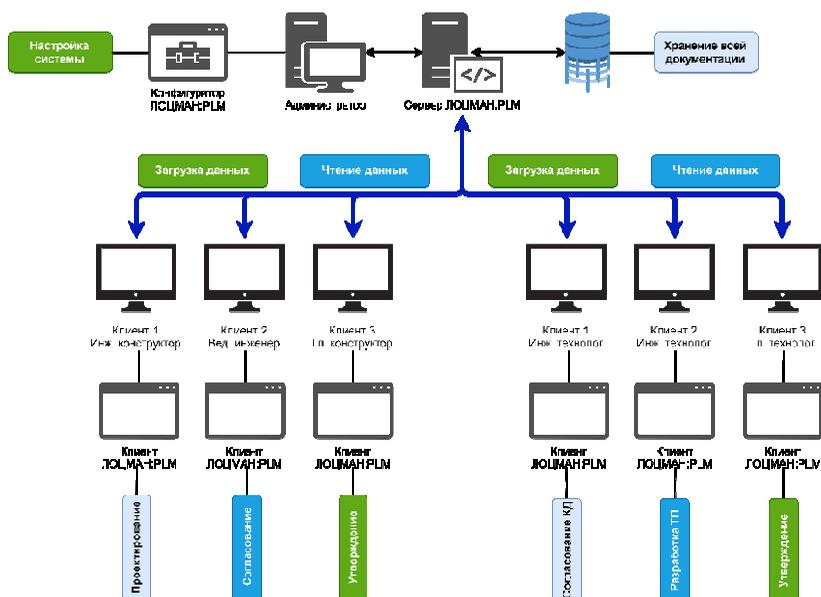


Рис. 1. Схема работы пользователей при КТПП

На рис. 1 показана предлагаемая схема работы пользователей-магистрантов при изучении КТПП. Суть заключается в следующем, на пользовательских компьютерах установлены клиентские приложения,

соединенные непосредственно сервером. При работе в клиентском приложении пользователь создает, загружает данные по сети на сервер базы данных или использует их для работы.

Для настройки коллективной работы в системе ЛОЦМАН:PLM есть модуль настройки баз данных – «ЛОЦМАН конфигуратор». В конфигураторе создан список типов объектов, заданы их свойства, установлены способы взаимодействия между объектами [3, 4].

При помощи модуля «ЛОЦМАН конфигуратор» нами определены:

- модель данных – наборы атрибутов, документов, типов, состояний, связей, с помощью которых могут быть описаны информационные объекты конструкторско-технологического проектирования (3D-модели, чертежи, операционные и маршрутные карты) и взаимосвязи между ними;
- список субъектов – набор ролей, пользователей, которые будут оперировать информационными объектами;
- организационная структура предприятия, эксплуатирующего систему ЛОЦМАН:PLM;
- состояния жизненного цикла, которые проходят проектные документы (проектирование, доработка, утверждение, создание версии);
- ряд других параметров, необходимых для работы с системой ЛОЦМАН:PLM.

Для настройки доступа к определенным типам объектов, папкам и файлам, каждому пользователю присвоили определенные роли. Но перед этим были созданы эти роли и заданы им права доступа на каждый тип объекта, документа. На рис. 2 видно, что к роли «Конструктор» относятся несколько пользователей. Перейдя во вкладку «Права доступа» выберем тип документа и увидим уровни доступа для пользователя с ролью «Конструктор» на каждое состояние документа. В свою очередь эти состояния тоже настраивались, присваивались к каждому типу документа и определялось кто мог переводить объект из одного состояния в другое.

От настроек, сделанных в модуле ЛОЦМАН конфигуратор, зависит вся дальнейшая работа системы. Поэтому настройка выполнялась с привлечением опытных специалистов с ОАО завод «Пролетарская свобода», обладающих полной информацией о производственных процессах предприятия, где планируется эксплуатация системы.

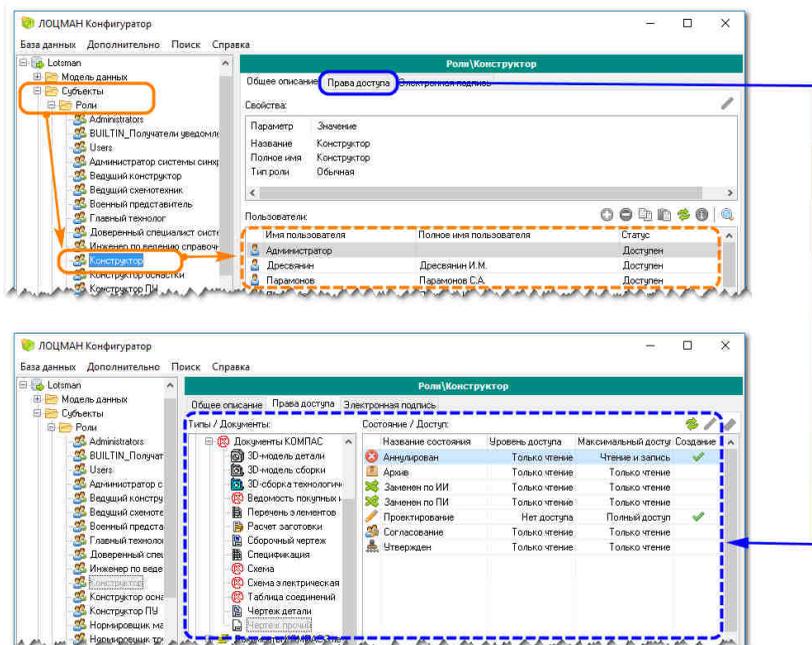


Рис. 2. Настройка прав доступа для роли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплекс решений Аскон 2018. Установка и первичная настройка. ООО «АС-КОН-Бизнес-решения», 2018. 58 с.
2. Калачев О.Н. Адаптация PDM-системы Лоцман:PLM к условиям машиностроительного предприятия / О.Н. Калачев, М.А. Чистов // Труды Восьмого международного симпозиума "Интеллектуальные системы" (INTELS'2008). М.: РУСАКИ, 2008. С. 607-610.
3. Калачев О.Н. Создание компьютерно-интегрированного комплекса для отслеживания учебной деятельности студента на основе PDM-системы ЛОЦМАН:PLM // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции "Новые материалы и технологии" НМТ-2008. М.: МАТИ, 2008. С. 172-173.
4. Баранов С.Ю. Адаптация возможностей Лоцман:PLM в дипломном проектировании с учетом специфики машиностроительного предприятия XXXVIII Гагаринские чтения: научные труды Международной молодежной научной конференции в 8 томах, Т. 4. Москва, 10-14 апреля 2012 г. М.: МАТИ, 2012. 176 с.; 2012, Т. 4. С. 104-105.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ FDM/FFF 3D-ПРИНТЕРА В БЫСТРОМ ПРОТОТИПИРОВАНИИ

Е.И. Елисейкин, А.В. Крыцков, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается подготовка рабочего стола FDM/FFF 3D-принтера для реализации прототипа изделия. Предложено устройство, предотвращающее деламинацию изделия, и апробированное печатью ABS и PLA-филаментами на кафедральном 3D-принтере MZ3d-256 без подогрева стола.

***Ключевые слова:** рабочий стол 3D-принтера, печатная пластина, деламинация.*

RAPID PROTOTYPING COMPUTER-ASSISTED PLANNING OF FDM/FFF 3D PRINTER SPECIAL FEATURES

E.I. Eliseykin, A.V. Krytskov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Preparation of a build plate of FDM/FFF of the 3D-printer for implementation of a prototype of a product is considered. The delamination preventing device is offered and tested by ABS and PLA filaments of MZ3d-256 3D printer without bed heating.

***Keywords:** build plate, print surface, delamination.*

С развитием технологий 3D-печати методами послойного наплавления филамента (FDM/FFF), их популяризацией в быстром прототипировании (БП) и ремонте деталей и узлов, возрастает и модельный ряд оборудования, реализующего данные технологии. Так отдельный класс FDM/FFF 3D-принтеров представлен мини- и микропринтерами упрощенной конструкции (BQWitboxGO, M3DMicro, 3DSystemsCUBE, и т.д.), и не предусматривающими установку нагревательного элемента стола,

наряду также с моделями со стандартной компоновкой (XYZDaVinciMini, TevoMichelangelo, и т. д.).

Отсутствие подогрева стола, базового адгезионного покрытия или его быстрый износ, приводят к столкновению пользователей FDM/FFF 3D-принтеров с деламацией – преждевременным отлипанием и деформированием изделия. Причиной отлипания является утрата адгезии между контактной поверхностью стола и слоями филамента в основании детали[1].

Проблема актуальна не только при использовании ABS-филаментов с повышенной усадкой в 0.8-1%. Печать пластиком PLA на холодном столе также затруднена и приводит к необходимости построения детали поверх толстого слоя – подложки (raft). Таким образом, значительно увеличиваются расход материала и время изготовления.

Представляет интерес разработка и реализация специального адгезионного покрытия, предназначенного для установки и работы в 3D-принтерах, как с подогреваемым рабочим столом, так и без. Покрытие должно быть выполнено быстросъёмным, иметь несколько контактных поверхностей, устойчивых к многократной печати.

На основе данных критериев нами было предложено простое устройство, состоящее из дисковой полимерной пластины и силиконовых прижимов с шиповым соединением для ее быстрой фиксации на столе принтера. Материалом пластины были выбраны двухкомпонентные полиуретановые пластики LasilCast 2 и 1515[2].

Реализация устройства состояла из отдельных этапов. Основным из них являлось изготовление пластины – обработка пластиковой заготовки на кафедральном фрезерном станке с ЧПУ Amap 3040. Для получения УП станка, модель пластины была сконвертирована из .dwg в формат .stl и загружена в систему Autodesk ArtCAM 2018, где также выбирались заготовка и тип фрезы.

В ходе выполнения обработки на станке (рис. 1) была отмечена большая подверженность деформациям заготовки из LasilCast 1515, в сравнении с LasilCast 2 (рис. 1), что определило окончательный выбор типа полиуретана из данной серии пластиков.

Второй этап изготовления устройства - апробация пластины, изготовленной из LasilCast 2, проведен на кафедральном FDM/FFF 3D-принтере MZ3d-256. В качестве тестирующей детали разработана форма для отливки силиконовых прижимов пластины (рис. 2). Модель формы также сконвертирована из .dwg в формат .stl и подготовлена к печати в слайсере Cura, версии 15.04.6 RU. Материалом печати выбран филамент PLA Silverot FDPlast (рис. 3).

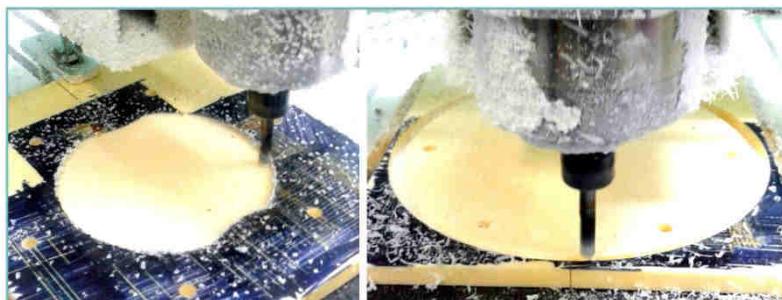


Рис. 1. Обработка заготовки из полиуретана LasilCast 2

Печать PLA на пластине без подогрева стола показала удовлетворительные результаты. В дальнейшем, уже на собранном устройстве, ABS-филаментом RECGreen и FDPlastPLASilver напечатаны пластинчатые детали, также без деламации (рис. 4).

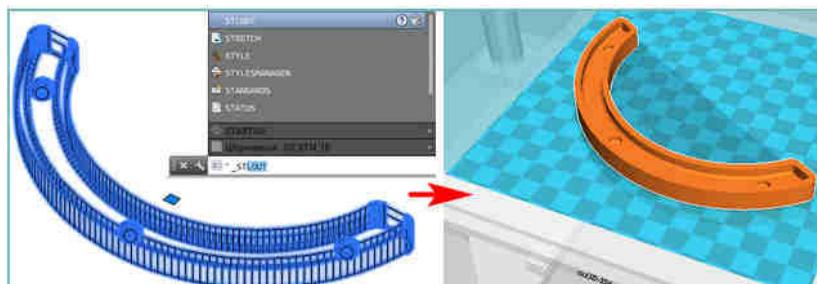


Рис. 2. Модель формы, сконвертированная в формат .stl и загруженная в слайсер Cura 15.04.6 RU

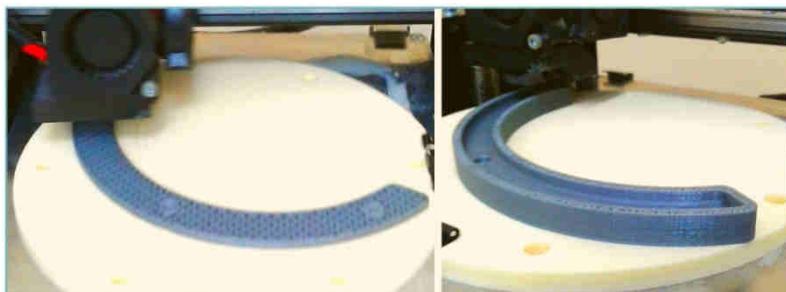


Рис. 3. Стадии печати тестирующей детали на пластине из LasilCast 2

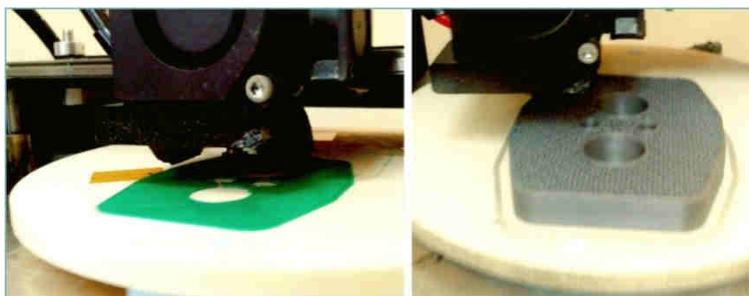


Рис. 4. Печать пластинчатых деталей ABS- и PLA-филаментами на готовом устройстве без подогрева стола

В дальнейшем требуется изготовить образцы с большими размерами, например, для стола принтера Anycubic3 Mega. Однако в настоящий момент устройство уже может быть использовано в конструкциях мини-принтеров, решая большинство из поставленных ранее задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3D Prints Warping or Curling? – Why It Happens and How to Prevent It [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rigid.ink/blogs/news/3d-prints-warping-why-it-happens-and-how-to-prevent-it>.
2. Литьевые пластики полиуретановые серии LasilCast [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lassospb.ru/products/category/plastik-jidkii-poliuretan-kupit>.

СБОРКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO С УПРАВЛЕНИЕМ ОТ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

М.С. Ермаков, А.А. Кулебякин

Научный руководитель – **А.А. Кулебякин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс сборки и программирования манипулятора на платформе Arduino, управления им с персонального компьютера.

Ключевые слова: манипулятор, захватное устройство, Arduino, MeCon.

ASSEMBLY AND PROGRAMMING OF THE PC CONTROLLED ARDUINO ROBOTIC ARM

M.S. Ermakov, A.A. Kulebyakin

Scientific Supervisor – **A.A. Kulebyakin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the process of assembly, programming and controlling of the Arduino robotic arm by PC.

Keywords: manipulator, robot, robotic arm, robotic claw, Arduino, MeCon.

С увеличением серийности производства существенно возрастает необходимость в сокращении затрат времени и средств на производственные операции. Одним из основных методов снижения затрат человеческого труда и ускорения процессов производства является автоматизация. Применение промышленных роботов на производстве имеет ряд преимуществ, по сравнению с применением живого труда:

- повышение производительности труда за счет уменьшения операционного времени и непрерывной работы;

- улучшение качества изготавливаемой продукции, за счет повышенной точности выполнения технологических операций;
- уменьшение издержек производства и, следовательно, повышение конкурентоспособности.

По этим причинам процент применения промышленных роботов на современных производственных предприятиях неуклонно растет.

Основными задачами при работе с промышленным роботом является его программирование на выполнения необходимой задачи и его техническое обслуживание для обеспечения непрерывности производства. В данной статье рассматривается процесс сборки и программирования манипулятора на платформе Arduino, а также управление им при помощи персонального компьютера (ПК).

За основу был взят комплект, в который входит: набор деталей из акрилового стекла (рис. 1), плата ArduinoUno, плата расширения Arduino Sensor Shield, четыре сервопривода, два джойстика, провода, набор крепежных элементов, USB-кабель для подключения к ПК, адаптер питания для питания от сети. Схема подключения электронных компонентов была создана в программе Fritzing (рис. 2).

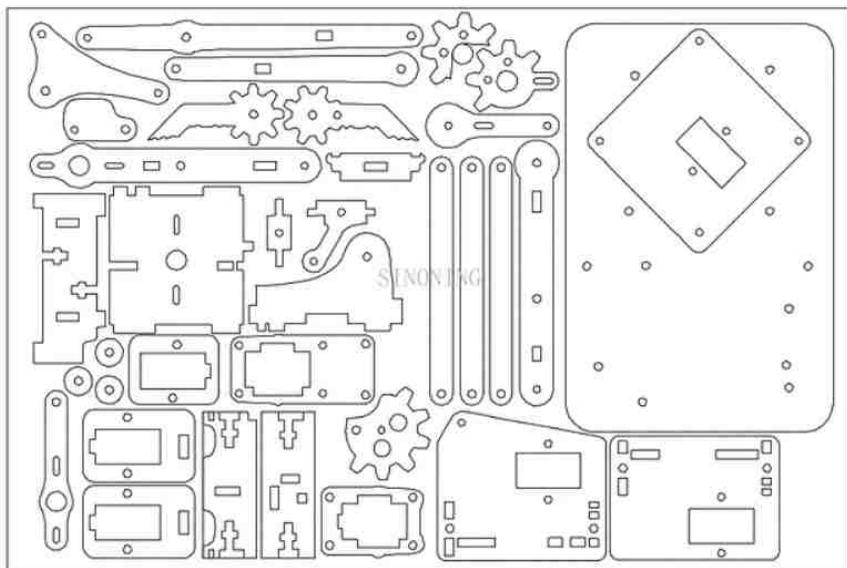


Рис. 1. Набор акриловых деталей

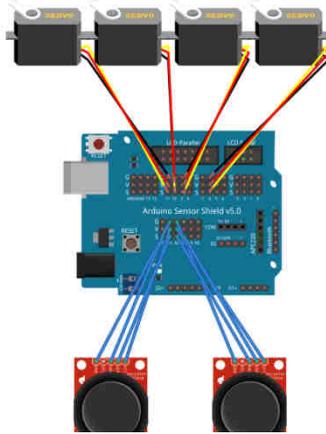


Рис. 2. Схема подключения

Комплект собирался по инструкции к сборке [1]. В процессе сборки манипулятора одна из деталей была сломана. Было принято решение воссоздать ее методом 3D-печати. Сломанная деталь была измерена и была создана ее 3D-модель в программе AutodeskInventor (рис. 3), после чего экспортирована в формат «.stl» и передана в программу подготовки 3D-печати UltimakerCura. Печать проводилась на кафедральном принтере Anycubic I3 Mega.

После успешной сборки манипулятора (рис. 3) можно переходить к его программированию.

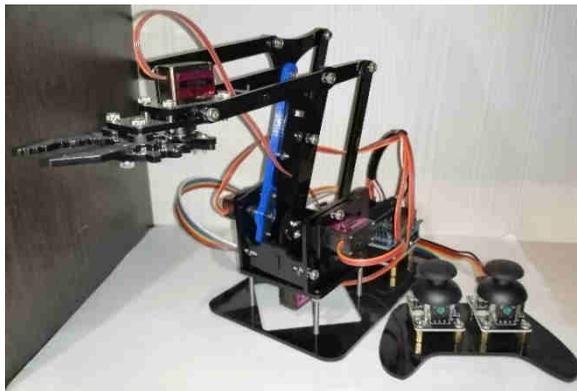


Рис. 3. Манипулятор в собранном виде

Для программирования контроллера Arduino применяется одноименная среда программирования ArduinoIDE. Структура и доступные команды языка описаны на официальном сайте Arduino [2]. Манипулятор необходимо предварительно подключить к компьютеру при помощи USB кабеля. В процессе разработки программы была использована библиотека для работы с сервоприводами. В программе необходимо инициализировать все сервоприводы, задать их максимальные углы поворота, исходя из их движения в реальной конструкции и задать ожидание команд от программы управления на ПК.

В качестве программы управления была выбрана программа MeCon 1.5. Интерфейс программы представлен на рис. 4.

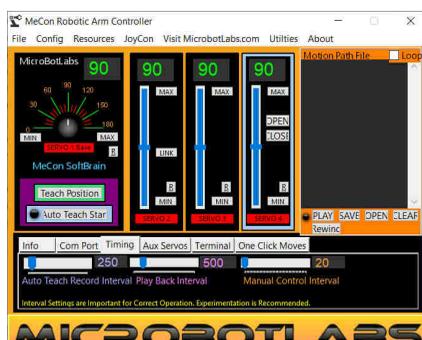


Рис. 4. Интерфейс программы управления манипулятором MeCon

При помощи этой программы можно управлять каждым приводом по отдельности вручную, сохранять текущую позицию и составлять из набора позиций управляющую программу, либо физически перемещая рабочий орган манипулятора, производить запись управляющей программы.

Таким образом, был собран робот-манипулятор и освоено его программирование с возможностью создания управляющей программы на ПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 4DOF arduino Roboticarm ps2 mg90s SNAM1900 Manual [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sinoning.cc/single-post/2017/12/24/4DOF-arduino-Robotic-arm-ps2-mg90s-SNAM1900-Manual>
2. Arduino Language Reference [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.arduino.cc/reference/en/>

УДК 621.9.014.001.24:631.3

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ПРОТОТИПА НАСТОЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ

Ю.С. Жиделева, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проект создания цифрового прототипа фрезерного станка с ЧПУ, в среде InventorAutodeskProfessional 2019, предназначенного для обработки деталей из цветных сплавов. Используются инструменты параметризации 3D-моделей для обеспечения сопряжения оригинальных деталей совместно с покупными элементами..

Ключевые слова: цифровое прототипирование, станок с ЧПУ, Inventor Autodesk Professional 2019, 3D-модель.

THE DIGITAL PROTOTYPE OF A CNC DESKTOP MACHINE DEVELOPMENT

Yu.S. Zhideleva, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A project is being considered to create a digital prototype of a CNC grain grinder in the environment of Inventor Autodesk Professional 2019, designed for machining non-ferrous alloys. Used t parametrization tools of 3D-models to ensure the pairing of original parts together with the purchased items.

Keywords: digital prototyping, CNC machine, Inventor Autodesk Professional 2019, 3D model.

В работе рассматриваются вопросы комплексного проектирования цифрового прототипа оригинального фрезерного станка с ЧПУ с последующим изготовлением деталей на оборудовании кафедры «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения».

На начальном этапе проектирования было разработано техническое задание, устанавливающее допустимый диапазон усилий резания при обработке различных заготовок. На основании этих данных составлена расчетная схема конструкции и выполнен прочностной расчет и последующий анализ напряженного состояния в процессе эксплуатации. Полученные данные использованы для выбора таких комплектующих как винтовые пары, двигатели, муфты, драйвера, блок питания и шпиндель.

В ходе цифрового моделирования в системе Инвентор создавались цифровые прототипы деталей конструкции, выполнялась экранная сборка, которая позволила уточнить габариты покупных деталей, детализировать сформированный заказ на приобретение комплектующих. Первая партия включала: *Винт ШВП SF 1605*, который служит для передачи вращательного движения в возвратно-поступательное и наоборот, охватывающая его *гайка ШВП SFU 1605*, являющаяся составным узлом, *линейный подшипник TBR* установленный на направляющие валы на опоре (цилиндрические рельсы в нашем случае) и применяются в качестве линейных направляющих в системах точных перемещений, также *опоры винтов BF и BK*, они служат для установки ходового винта ШВП, *система охлаждения*, которая предназначена для подачи смазочно-охлаждающей жидкости в область резания (в нашем случае – под фрезу) с целью охлаждения инструмента и снижения контактного трения.

В ходе технологических расчетов проектировалась УП обработки деталей корпуса и основания станка (рис.1) в CAD/CAM системе Cimatron E.

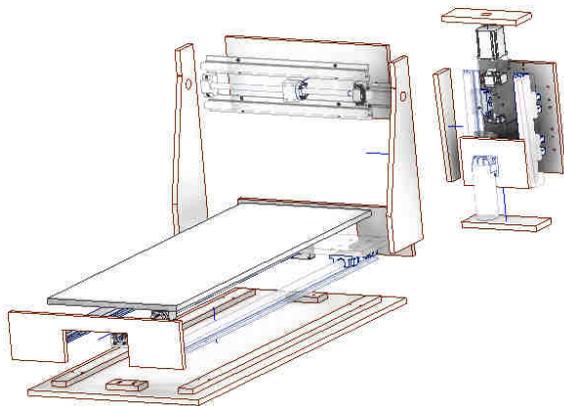


Рис. 1. Детали корпуса и основания станка

Финансирование проекта обеспечило МИП АйТиТехмаш, созданное при кафедре КИ ТМС.

Для повышения эффективности на заключительной стадии проектирования ряд 3D-моделей выполнялся параметрическим, что облегчает подгонку спроектированных деталей, совместно с покупными элементами. На рис. 2 в среде Inventor представлена одна из сборок 3D-моделей – рабочая ось Z, в реалистичном и каркасном стиле отображения.

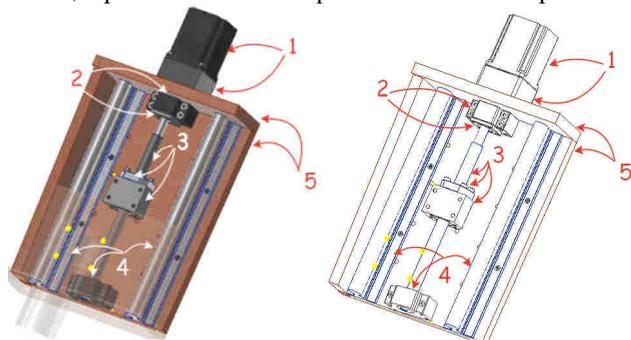


Рис. 2. Рабочая ось Z

- 1) Шаговый двигатель Nema с редуктором 1:5, 2) Опора ШВП ВК-12 3) Винт, гайка, модуль крепления гайки, 4) Направляющие (рельс цилиндрический), опора ШВП BF-12, 5) Детали корпуса

Каждая деталь для станка создавалась в отдельном файле. Фрагмент порядка компоновки деталей представлен в дереве сборки на рис. 3.

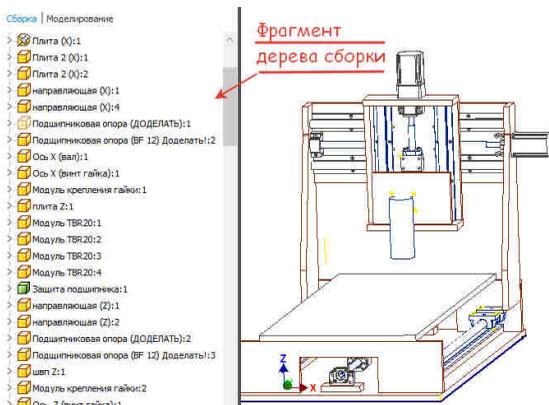


Рис. 3. ШВП в сборке

На рис. 4 законченный узел 3D-модель сборки фрезерного станка с ЧПУ, на котором указаны габаритные размеры и направление движения осей.

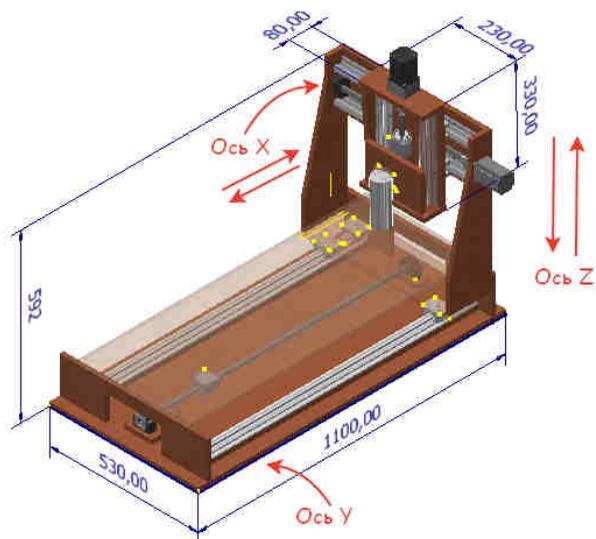


Рис. 4. Сборка фрезерного станка с ЧПУ

Таким образом, поставленная задача коллективного проектно-ориентированного задания на выполнение ВКР позволила освоить взаимосвязанные компетенции, необходимые инженеру, выполняющему конструкторско-технологическое проектирование в условиях действующего производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный каталог «Duxe.ru». Поставщик запасных частей и комплектующих для станков с ЧПУ и автоматики. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.duxe.ru/catalog/>;
2. Электронный каталог «CNC Technologi». Производство и продажа фрезерно-гравировальных станков и комплектующих к ним: [Электронный ресурс]. URL: <https://cnc-tehnologi.ru/>;
3. Autodesk Inventor. Технология цифровых прототипов для машиностроения и промышленного производства: [Электронный ресурс]. URL: http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/inv10_techwhatsnew_us00.pdf.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ЛОЦМАН:PLM

В.Н. Киселев, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы внедрения PDM-системы и создания ЕИП при КТПП, результаты и методы.

Ключевые слова: PDM, Лоцман:PLM, САД, Компас, дерево изделия, жизненный цикл изделия, конфигурирование.

COLLABORATIVE DESIGN BY MEANS OF LOTSMAN:PLM REALIZATION

V.N. Kiselev, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The issues of the implementation of the PDM-system and the creation of a single information space in the design and technological preparation of production, the results and methods of solving the problems are considered.

Keywords: PDM, Lotsman:PLM, CAD, Compass, product tree, product life cycle, configuration.

«Задачей исследования является развертывание системы Лоцман:PLM на кафедре КИ ТМС и создание единого информационного пространства (ЕИП) для имитации совместной работы по управлению жизненным циклом и комплексной информацией об изделии при машиностроительном компьютерно-интегрированном проектировании» [1, 2].

Архитектура развернутой для проведения исследовательской работы магистрантов направления 15.04.05 PDM-системы представлена на рис. 1.

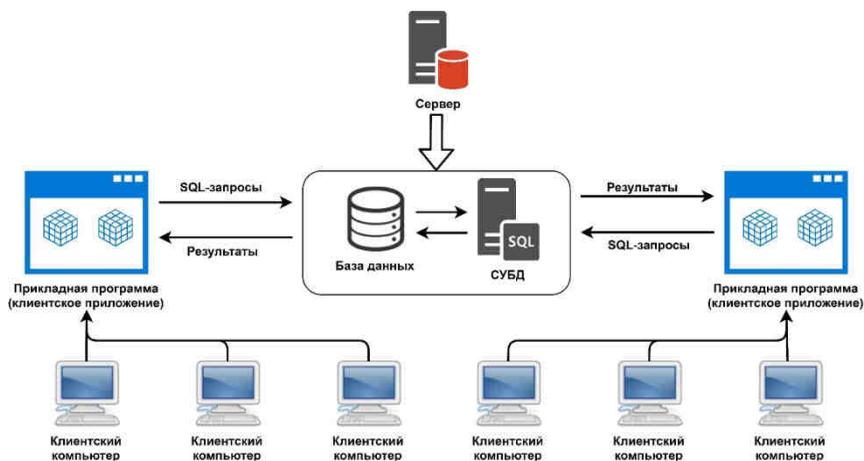


Рис. 1. Архитектура «клиент-сервер»

В качестве примера функциональности сформировано структурированное дерево изделия на примере колесной пары электровоза ЭП2К. Исходными данными является набор сканированных копий конструкторской документации в формате «TIF».

При формировании дерева изделия (рис. 3) (СЕ, деталей, стандартных и покупных изделий, и т.д.), в первую очередь, создавалась одноименная папка изделия. В данной папке оформлен элемент типа «Сборочная единица» и для него заполнена атрибутивная информация (рис. 4) в соответствии со спецификацией СЕ (рис. 3, 5).

«Для хранения документации (руководств, схем и т.д.), относящейся к СЕ, использовали объект типа «Документ» с его атрибутами» [3, 4].

После создания элементов, в соответствие со спецификацией (см. рис. 2, 3), проводилась проверка на наличие недочетов и, в случае обнаружения таковых, проводилось редактирование.

4	ЭП2К.0248-04	Левин	10.1.08	ЭП2К.31.15.000СБ	Пара колесная	0 0 1 А 0 0 0 0	Лист	Масса	Масштаб
3	ЭП2К.0247-2008	Левин	16.10.08				2973	15	
2	ЭП2К.0233-2008	Левин	03.10.08				2955		
1	ЭП2К.0143-08	Левин	10.01.08				Лист	Листов	1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.				Дата	УГКЛ	
Разраб.	Гладенький			08.08.08					
Проб.	Князев			08.08.08					
Т.контр.	Наволоба			08.08.08					
Нач.отд.	Рязанцев			08.08.08					
Н.контр.	Кузьмина			08.08.08					
Утв.	Гатауренов			08.01.08					

Рис. 2. Основная надпись

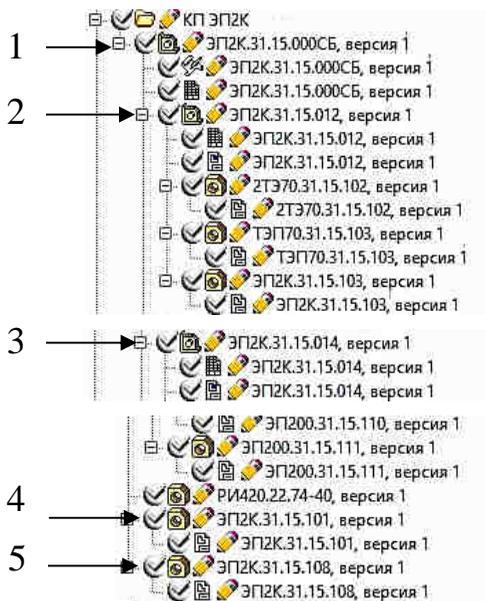


Рис. 3. Фрагменты дерева изделия

Поз	Обозначение	Наименование	Примечание
0	ЭПК.31.15.000СБ	Пара колесная	

Отдел разработки	Раздел спецификации
ОГК	
Разработал	Источник поступления
Гребенников	
Дата последнего изменения	Масса
01.12.2010	2973.3 кг

Состояние: **Проектирование**

Количество: в диапазоне... Величина: Не определено Ед. изм.

1

Рис. 4. Карточка изделия согласно спецификации

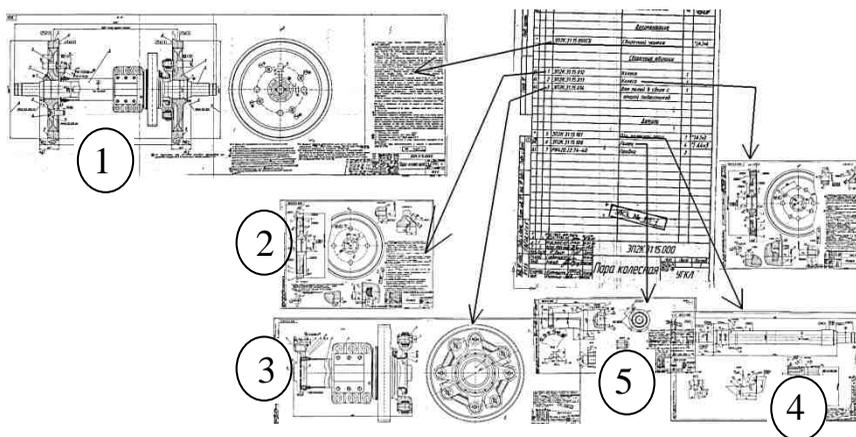


Рис. 5. Состав СЕ «Колесная пара»

Данная работа отражает первый этап подготовки информационно-исследовательского лабораторного практикума и представляет интерес для формирования новых компетенций по организации коллективного проектирования в ходе проектно-ориентированного учебного процесса на

кафедре КИ ТМС по направлениям 15.03.05 и 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». В качестве учебных заданий использовались бизнес-процессы и техническая документация двух ярославских машиностроительных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачев О.Н.* Опыт использования PDM-системы ЛОЦМАН в организации учебного процесса на кафедре технологии машиностроения // Проблемы информатизации образования. Материалы Всеросс. научн.-техн. конф. Тула: ТулГУ, 2008. С. 30-32.
2. *Калачев О.Н.* К вопросу подготовки оригинальных отчетов на основе исследования структуры БД Лоцман:PLM и запросов на языке T-SQL / О.Н. Калачев, С.Ю. Баранов // Там же, с. 247-251;
3. «Комплекс решений АСКОН 2018. Установка и первичная настройка». ООО «АСКОН-Бизнес-решения», 2018. 58 с.
4. *Яблочников Е.И.* Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: Учебное пособие / Е.И. Яблочников, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. 188 с.

УДК 62.114

КОМПЛЕКТОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК В ГИБКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.А. Кругликов, К.А. Украженко

Научный руководитель – **К.А. Украженко**, д-р техн. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен расчет упругих перемещений инструментальных наладок от сил резания при обработке на многоцелевых станках.

***Ключевые слова:** инструментальные системы, модули, наладки, технология, упругие перемещения, погрешность обработки.*

COMPLETING UNITS OF MACHINES AND TOOLING SETUPS CALCULATION FOR A FLEXIBLE FABRICATION

A.A. Kruglikov, K.A. Ukrazhenko

Scientific Supervisor – **K.A. Ukrazhenko**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The calculation of elastic displacement of tooling setup of cutting forces when machining on multipurpose machines is considered.

***Keywords:** tooling systems, modules, setup, technology, elastic displacements, and error handling.*

Гибкое производство характеризуется безлюдной технологией изготовления продукции широкой номенклатуры. В связи с этим каждый элемент технологической системы должен иметь высокую надежность, работоспособность и быструю переналадку. Особенно это касается инструментальных систем, представляющих собой набор инструментальных модулей широкой номенклатуры и типоразмеров, предназначенных для создания инструментальных наладок [1].

Структурная схема комплектования инструментальных наладок представлена на рис. 1. Как видно из рисунка, инструментальные наладки

представляют собой минимальный набор определенных инструментальных модулей (базовых, переходных и т.д.), скомплектованных в единый узел, необходимый для выполнения технологической операции (стрелками показан порядок и набор инструментальных модулей для выполнения необходимых технологических задач).



Рис. 1. Схема комплектования инструментальных наладок

На рис. 2 представлена скомплектованная инструментальная наладка для осевых инструментов: сверл, разверток, метчиков, концевых фрез и д.р.

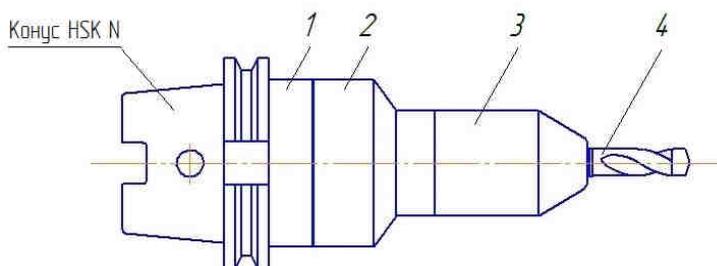


Рис. 2. Инструментальная наладка для осевых режущих инструментов с используемыми модулями: 1 – базовым;

2 – переходным; 3 – конечным; 4 – режущим инструментом

Целью данной работы является расчет критериев в значительной степени определяющих точность обработки. Основным критерием для расчета инструментальных систем являются упругие перемещения, от сил резания, составляющие до 70% от всех погрешностей при механической обработке в гибких производствах.

Суммарное значение упругих перемещений δ при сборке наладок определяется по формуле

$$\delta = \sum_1^n \delta_0 + \sum_1^n \theta_0 \cdot L$$

Ввиду высокой собственной жесткости соединяемых модулей упругими перемещениями δ_c можно пренебречь, т.е. $\delta_c = 0$.

Упругие перемещения δ_0 и угол наклона θ_0 в начале стыка для каждого конусного модуля определяются из выражений [2]:

$$\delta_0 = (2M\beta^2 k/B)C_1 + (2P\beta k/B)C_2 = (2P\beta k/B)(\beta LC_1 + C_2),$$

мкм;

$$\theta_0 = (4M\beta^3 k/B)C_3 + (2P\beta^2 k/B)C_4 = (2P\beta^2 k/B)(2\beta LC_3 + C_4),$$

мкм/мм,

где P – сила резания, Н;

L – расстояние от кромки стыка до сечения приложения нагрузки,

мм;

k – коэффициент контактной податливости стыка, мкм · мм²/Н;

β – показатель жесткости стыка, 1/мм,

$$\beta = \sqrt[4]{B \cdot 10^3 / 4E \cdot I \cdot k};$$

E – модуль упругости, Н/мм², для стали $E=2,1 \cdot 10^5$;

I – момент инерции хвостовика в начале стыка, мм⁴, $I = \pi \cdot D^4 / 64$;

B – приведённая ширина стыка, мм, $B = 0,5\pi \cdot D$;

C_1, C_2, C_3, C_4 – поправочные коэффициенты, для соединений НСК,

$C_1 \approx C_2 \approx C_3 \approx C_4 \approx 1$;

n – число модулей в инструментальной наладке.

Данный расчет позволяет оценить технологические возможности скомпонованной инструментальной наладки на этапе проектирования инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Украженко К.А.* Повышение эффективности обработки на многоцелевых станках: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. 340 с.
2. *Украженко К.А.* Инструментальные системы машиностроительных производств: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2015. 224 с.

**РАСЧЕТ ТЕМПА ИЗНОСА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ
ПРОТЯЖЕК ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ОПТИМАЛЬНЫХ
РЕЖИМАХ РЕЗАНИЯ**

А.В. Крылов, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена формула темпа износа при точении на оптимальных режимах резания и получена собственная формула при протягивании деталей газотурбинных двигателей на оптимальных режимах резания, расчет ведется по жаропрочному материалу ЭИ 437БУВД, опытные значения для этого материала взяты из справочных материалов.

Ключевые слова: Протягивание деталей ГТД, ЭИ437 БУВД, темп износа инструмента.

**THE RATE OF ATTRITION OF CARBIDE BROACH
CALCULATION WHEN MACHINING PARTS OF GAS
TURBINE ENGINES IN BEST CUTTING CONDITIONS**

A.V. Krylov, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The formula of the rate of attrition when turning the best cutting conditions is considered and the formula when pulling parts of gas-turbine engines at optimum cutting condition is derived, the calculation is based on the heat-resistant material EI 437BVD, experimental values for this material are taken from reference materials.

Keywords: Pulling the parts of the CCD, EI437 BWA, tool wear rate.

Появление современных протяжных станков, позволяющих в широком диапазоне проводить регулировку скорости резания, дает возможность осуществить процесс протягивания при поддержании оптимальных температур резания. За оптимальную температуру принимается такая, при которой темп износа инструмента минимален. По закону профессора Макарова А.Д. это температура является оптимальной для пары обрабатываемый-инструментальный материал. В диссертационной работе Туктамышева В.Р. представлен график зависимости темпа износа инструмента и температуры резания от скорости протягивания при обработке жаропрочного сплава ЭИ437 протяжкой из ВК8 (рис. 1).

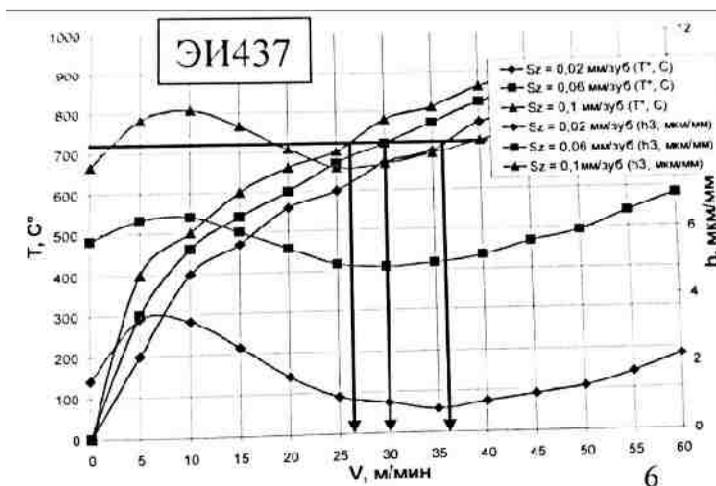


Рис. 1. Опытные значения при протягивании

График показывает, что при различных подачах температура, соответствующая минимуму темпа износа инструмента остаётся постоянной $720\text{ }^\circ\text{C}$ и можно определить оптимальные скорости резания. Работа именно на этих скоростях позволяет существенно повысить стойкость протяжек и обеспечить лучшее качество поверхности.

В диссертационной работе Кононова Ю.Е. была получена теоретико-экспериментальная зависимость по расчету темпа износа инструмента при точении в оптимальных условиях

$$h_{\text{оло}} = 3,5 * 10^{-8} * \left(\frac{c\rho * \theta_0}{\sigma_{\text{и}} * (1 + \delta)} \right)^{10} * \left(\frac{\tau_{\text{р}}}{\sigma_{\text{в}}} \right)^7 * \left(\frac{V_0 * a_1}{V'_0 * a'_1} \right)^{78,5 * \left(\frac{\theta_0}{\theta_{\text{и}}} \right)^{6,2}} \left(\frac{\text{МКМ}}{\text{М}} \right)$$

где

δ – относительное удлинение обрабатываемого материала;

$c\rho$ – удельная теплоемкость ;

$\sigma_{\text{в}}$ – предельная прочность обрабатываемого материала;

$\sigma_{\text{и}}$ – предельная прочность инструмента (МПа);

$\tau_{\text{р}}$ – касательные напряжения в условной плоскости сдвига;

θ_0 – оптимальная температура резания;

V_0 – оптимальная скорость резания;

V'_0 – оптимальная скорость резания при подаче $S = \frac{1\text{мм}}{\text{об}}$;

a_1 – толщина среза;

a'_1 – толщина среза при подаче $S = \frac{1\text{мм}}{\text{об}}$.

Сопоставление расчетных значений темпов износа инструментов при токарной обработке жаропрочных сплавов с экспериментальными величинами, представленное в диссертационной работе Шапошникова А.М., показало что данная зависимость может быть использована как при резании всухую, так и при применении СОЖ. Результаты опытных и расчетных значений величины $h_{\text{оло}}$, при точении сплава ЭИ437БУВД резцами из ВК8 при различных подачах, показаны на рис. 2.

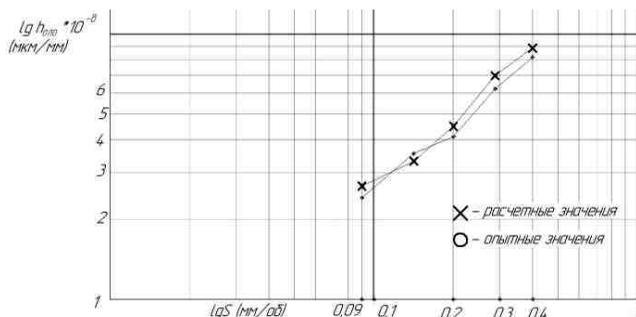


Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных значений износа

На основе экспериментальных данных по оптимальным скоростям и темпам износа инструмента при протягивании, была проведена коррекция коэффициентов, входящих в расчетную формулу. В результате расчетная формула для определения темпа износа твердосплавных протяжек получила следующий вид:

$$h_{\text{оло}} = 0,64 * 10^{-6} * \left(\frac{C\rho * \theta_0}{\sigma_{\text{и}} * (1 + \delta)} \right)^{10} * \left(\frac{\tau_p}{\sigma_{\text{в}}} \right)^7 * \left(\frac{V_0 * a_1}{V'_0 * a'_1} \right)^{78,5 * \left(\frac{\theta_0}{\theta_{\text{и}}} \right)^{5,3}} \left(\frac{\text{МКМ}}{\text{М}} \right)$$

При обработке жаропрочного сплава ЭИ437 твердосплавной протяжкой из ВК8, входящие величины имеют следующие значения:

$$\theta_{\text{и}} = 1490^{\circ}\text{C}; \delta = 0,18; c\rho = 4,76 * 10^6 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{М}^3 * \text{C}^{\circ}} \right); \sigma_{\text{в}} = 1100 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{и}} = 1415 \text{ МПа}; \tau_p = 869 \text{ МПа}; \theta_0 = 720^{\circ}$$

На рис.3 показаны опытные и расчетные значения темпа износа твердосплавной протяжки при обработке сплава ЭИ437БУВД с разными подачами на зуб.

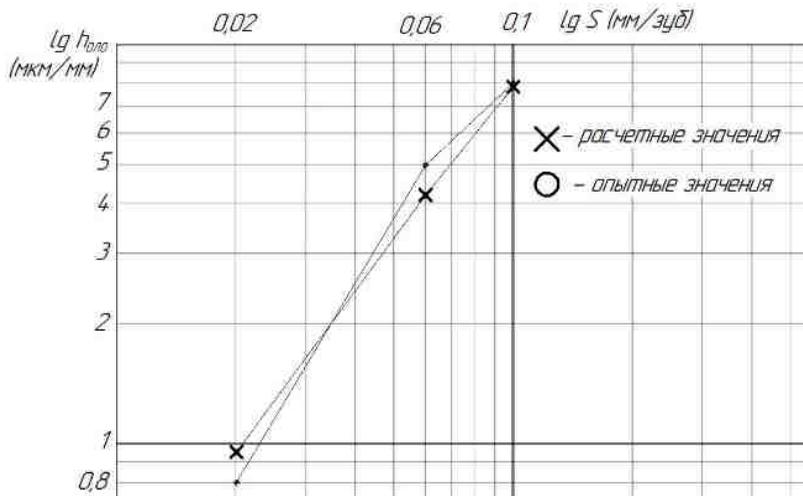


Рис. 3. Расчетные значения износа

Таким образом зависимость позволяет получать расчетным путем величины скоростей изнашивания и оценивать стойкость твердосплавных протяжек при работе на оптимальных скоростях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макаров А.Д.* Оптимизация процессов резания / А.Д. Макаров. М.: Машиностроение, 1976. 278 с.
2. *Туктамышев В.Р.* Повышение эффективности протягивания деталей ГТД: диссертация; ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет», 2009. 143 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ПРОТОТИПА ЗАВОДСКОЙ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ

И.В. Кучумов, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика разработки в SolidWorks 3D-модели детали и отливки по исходному чертежу. Далее создаются 3D-модели деталей прессформы с учетом требований к точности, выполняется сборка пакета деталей прессформы с учетом рационального размещения выталкивателей. Представлены особенности создания конструкторской документации в КОМПАСе на основе конвертации геометрии моделей системы SolidWorks.

Ключевые слова: CAD, SolidWorks, КОМПАС, цифровой прототип, литейная оснастка, 3D-модель.

FOUNDRY PATTERN EQUIPMENT OF DIGITAL PROTOTYPE DESIGNING SPECIAL FEATURES

I.V. Kuchumov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The specifics of development by SolidWorks 3D-models of parts and castings according to the original figure is considered. 3D-models of mold parts by accuracy requirements are created. The package of mold parts by the rational placement of ejectors is assembled. The special features of the creation of design documentation in KOMPAS based on the conversion of the geometry of models of the SolidWorks system is provided.

Keywords: CAD, SolidWorks, KOMPAS, digital prototype, casting equipment, 3D-model.

Одним из эффективных методов получения заготовок с наименьшими припусками на обработку является литье под давлением. Проектирование литейной оснастки в современных условиях выполняется в спе-

циализированных модулях CAD/CAM-систем путем довольно сложных геометрических построений в модуле САД и подготовки управляющей программы в модуле САМ на станках с ЧПУ. Ниже рассматривается освоение методики проектирования на основе заводского задания в рамках договора МИП АйТиТехмаш кафедры КИ ТМС с одним из Ярославских предприятий.

Для изготовления заготовки детали необходимо было спроектировать карту эскиза литья, 3D-модель детали и 3D-модель сборки пресс-формы, оформить сборочный чертеж формы, спецификацию и чертежи каждой детали формы.

На основе полученного заводского чертежа в самостоятельно освоенной системе SolidWorks была создана модель отливки, которая представлена на рис. 1. При разработке отливки на поверхностях фланца детали, подразумевающих обработку после литья, добавлены припуски. Для предотвращения усадочных трещин на отливке были выполнены литейные радиусы. Для извлечения отливки из формы, сделаны литейные уклоны: для внутренних поверхностей в сторону увеличения номинальных размеров, а для наружных в сторону уменьшения. Была учтена усадка материала.

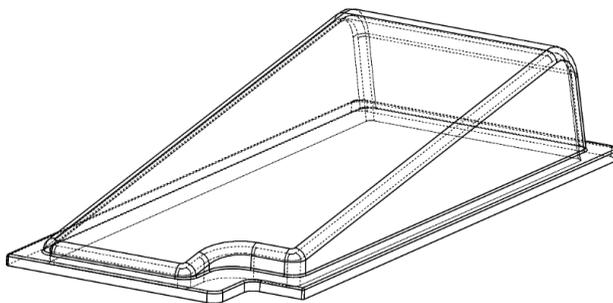


Рис. 1. Модель отливки

Процесс построения моделей в SolidWorks схож с другими CAD системами (NX, Cimatron и др.): сначала выбирается плоскость для построения эскиза, с помощью стандартных команд: отрезок, окружность и т. д. строится необходимый контур, который за счет простановки размеров и ограничений (перпендикулярность, вертикальность, горизонтальность и т. п.) необходимо полностью определить. Далее с помощью различных инструментов твердотельного моделирования из готового контура строится деталь.

Основное внимание при проектировании уделялось размещению полости под отливку на матрицах и выбору количества и положения тол-

кателей. Расположение толкателей определяется конфигурацией детали. Задача конструктора расположить их таким образом, чтобы при раздвижении формы деталь свободно извлекалась, особенно по углам, усилие толкателей должно быть равномерным на площади отливки. Размеры подвода питания вычислялись, исходя из площади детали.

По указанию заводских специалистов было принято решение проектировать стационарную прессформу, размеры которой нужно было вписать на литейные машины 711A07 и 711A08.

В SolidWorks были разработаны подвижная и неподвижная матрицы, пуансон, обоймы, куда вставляются матрицы, прокладная плита, плита толкателей, плита упоров, плиты крепления и различные втулки, опоры, толкатели и т. п. Детали, непосредственно соприкасающиеся с расплавленным металлом, такие как матрицы, пятка, литниковая втулка, пуансон изготавливаются из штамповой стали 4X5МФС. Остальные плиты – из конструкционной легированной стали 40X. Для небольших деталей типа опор, стоек назначена сталь У8А. На рис. 2 показаны созданные 3D-модели деталей пресс-формы.

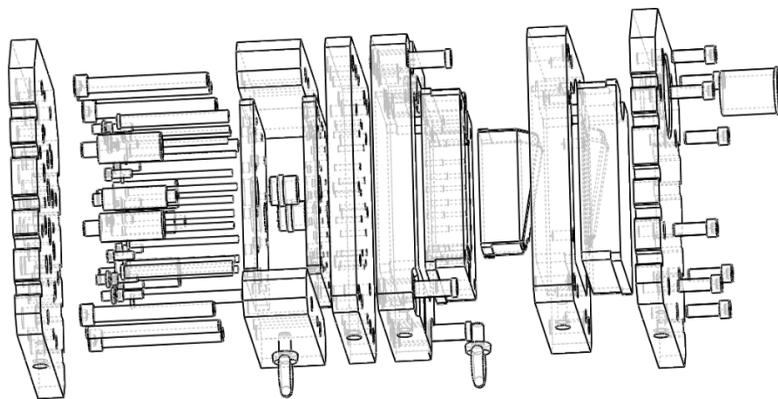


Рис. 2. Детали пресс-формы в разведенном состоянии

Для сборки литейной формы использовался инструмент “Условия сопряжения” и с помощью стандартных условий (совпадение, параллельность, концентричность) определялось положение деталей относительно друг друга. Выбирались стандартные крепежные элементы из библиотеки Toolbox. В итоге модель сборки содержит около 80 деталей различной сложности, которые связаны между собой сотнями сопряжений. Для наглядности на рис. 3 подвижная и неподвижная половины форм показаны отдельно.

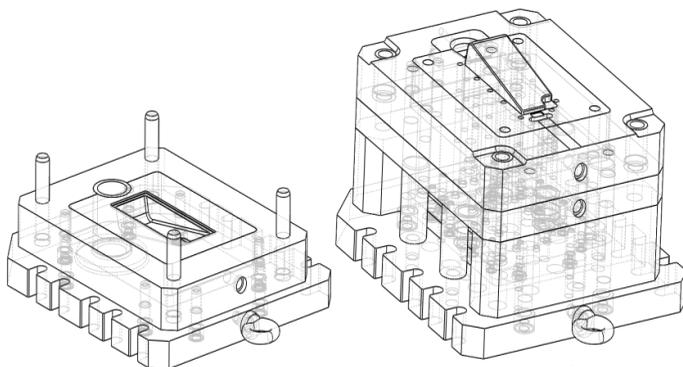


Рис. 3.3D-сборка пресс-формы

Конструкторская документация на прессформу выполнялась в среде КОМПАС 3D. Модель из SolidWorks сохранялась в формат, поддерживаемый КОМПАС, где с помощью команды “Вид с модели” виды переносились на чертежи, при этом активно использовался инструмент “Разрез”. Эти функции значительно упрощают построение чертежа по 3D-модели. Для всех размеров были назначены необходимые допуски и посадки. Шероховатость, для формирующих отливку поверхностей составляет $Ra0,8$ и $Ra 3,2$ для остальных поверхностей.

Таким образом, при выполнении проекта были изучены основные принципы проектирования цифровых прототипов отливок и форм для их литья, а также особенности процесса создания 3D-моделей всей необходимой литейной оснастки в основной среде CAD SolidWorks с последующим оформлением конструкторской документации в CADКОМПАС 3D.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галдин Н.М.* Цветное литье: Справочник / Н.М. Галдин [и др.]. М.: Машиностроение, 1989. 528 с.
2. *Дударева, Н.Ю.* Самоучитель SolidWorks 2010 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
3. *Большаков В.П.* Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D: Практикум / В.П. Большаков. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
4. *Rees Herbert.* Understanding injection mold design / Herbert Rees. Munich: Cincinnati: Hanser Gardner, 2001. P. 125.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В CREOPARAMETRIC 5.0 РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Н.К. Лебедева, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика разработки в CreoParametric 3D- деталей и сборок. Создание шпоночного паза показано двумя способами: контур на вспомогательной плоскости и выдавливание, вычитание телашпонки из вала. Изучены особенности изменения деталей в сборке в зависимости от определяющего размера.

Ключевые слова: *CreoParametric, 3D-модель, параметризация*

DIFFERENT WAYS OF PARAMETRIC OBJECTS BY CREOPARAMETRIC 5.0 DESIGN FEATURES

N.K. Lebedeva, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The specificity of development in Creo Parametric 3D - parts and assemblies is considered. Creating a keyway is shown in two ways: the contour on the auxiliary plane and extrusion, subtraction of the body of the key from the shaft. Features of change of details in assembly depending on the defining size are studied.

Keywords: *Creo Parametric, 3D-model, parametrization.*

Процесс построения выполняется двумя вариантами: первый – «Плоскость и выдавливание в тело вала».

Для построения эскиза шпоночного паза создается вспомогательная плоскость, касающаяся поверхности вала, и с помощью инструмента «Вытягивание» получаем шпоночный паз (рис. 1).

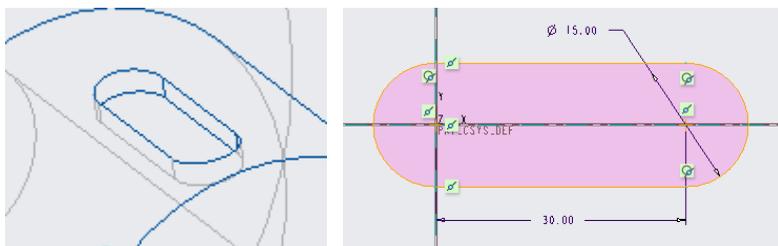


Рис. 1. Эскиз контура шпонки перед выдавливанием

Второй вариант построения – «Перенос заранее созданной шпонки в требуемое положение относительно вала и вычитание».

3D-модель шпонки перемещаем внутрь вала при помощи Гизмо (рис. 2). Далее, с помощью команды «Вычитание», вычитаем тело шпонки из тела вала (рис. 3).

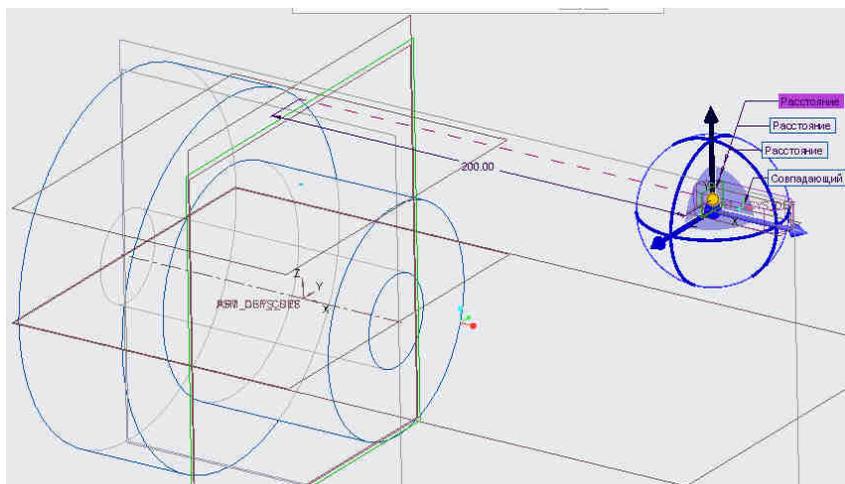


Рис. 2. Перемещение шпонки при помощи Гизмо

Первый вариант построения шпоночного паза очевиден и состоит всего из нескольких команд. Второй вариант немного сложнее первого, так как для эффективного построения следует освоить функций Гизмо с дополнительными привязками.

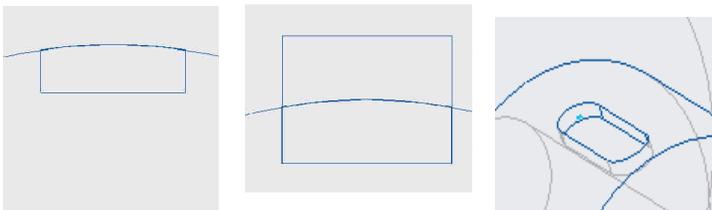


Рис. 3. Эскизы вычитания шпонки

Рассмотрим параметризацию при сборке: изменение формы и расположения в зависимости отвлиания определяющего размера .

С помощью привязок создаем зависимость размеров шпонки от ширины и радиуса шпоночного паза (рис. 4). Теперь при изменении одного из размеров будут меняться размеры шпонки и шпоночного паза (рис. 5) и, соответственно, сама модель.



Рис. 4. Зависимость размеров шпоночного паза и шпонки

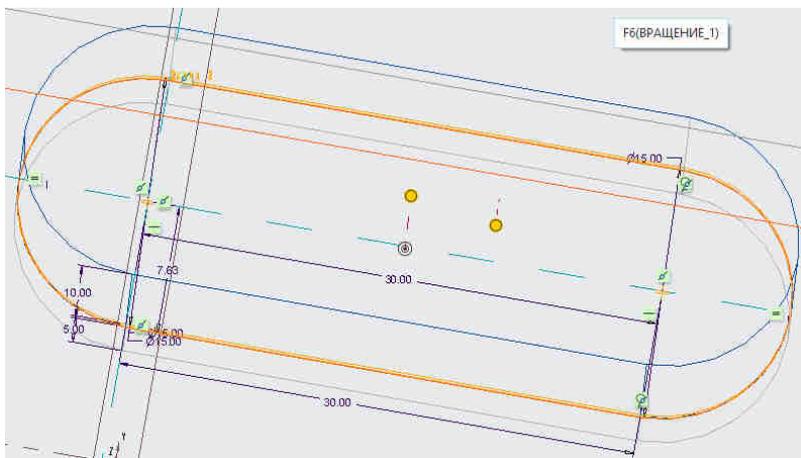


Рис. 5. Сборка шпонки и шпоночного паза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программное обеспечение 3D CAD | Creo | PTC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ptc.com/ru/products/cad/creo>
2. Методические указания CreoParametric. Краткий справочник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.solver.ru/fails>

РАЗРАБОТКА МФУ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA2560

Н.В. Лыков, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается конструкция многофункционального устройства модульного типа, совмещающая функции 3D печати и механической обработки. Проведенное исследование позволяет утверждать, что для образовательных целей и университетских лабораторий возможно изготовление 3D принтера силами студентов дипломного проектирования. Решением данной задачи является выбор в качестве базовой модели Ultimaker с дальнейшим ее техническим и программным усовершенствованием.

***Ключевые слова:** 3D принтер, 3D печать, Arduino Mega, ATMEGA2560.*

DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTION PRINTER FOR PROTOTYPING BASED ON THE ATMEGA 2560 MICROCONTROLLER

N.V. Lykov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The design of a multi-functional device of modular type, combining the functions of 3D printing and machining is considered. The study suggests that for educational purposes it is possible to manufacture a 3D printer by students' help in the University laboratories to solve this problem is to choose Ultimaker as the basic model with its further technical and program improvement.

***Keywords:** 3D printer, 3D printing, Arduino Mega, ATMEGA2560.*

Широкое поле применения трехмерной печати диктует необходимость знакомства студентов – будущих специалистов в области информатики, вычислительной техники и компьютерных технологий со спецификой и возможностями данной технологии. Предметом данного исследования явилось создание недорогого 3D принтера для студенческой лаборатории быстрого прототипирования.

В рамках данного исследования были проанализированы литературные и интернет-источники [1-5].

Выбранная к реализации модель относится к типу RepRap – представляет собой 3D-принтер, способный создавать объемные изделия на основе моделей, сгенерированных компьютером. Одной из целей проекта является «самокопирование», определяемое авторами как способность аппарата воспроизводить компоненты, необходимые для создания другой версии себя. Это устройство с «открытым кодом» – можно воспроизводить, или вносить свои изменения. За основу разработки была выбрана модель Ultimaker. Основной материал, который используется принтером для печати – PLA, ABS пластик, метод печати – экструзия.

Главной особенностью данного устройства является его многофункциональность, благодаря модульной конструкции, позволяющая в короткие сроки менять рабочие головки по мере их необходимости. Данное МФУ включает в себя 3D-принтер, гравер и графопостроитель.

Корпусную основу принтера составляют стальные шпильки и оси, которые крепятся к закрытому корпусу.

В разрабатываемой модели использованы четыре шаговых двигателя типа NEMA-17.

Печатный стол, на котором происходит послойное формирование модели – это нагреваемая поверхность. Подогрев выполняется для того, чтобы в процессе печати пластик не отслаивался от поверхности стола. В конструируемой модели использована поверхность MK2b DualPower, для контроля температурного режима стола – термистор.

Одну из проблем проектирования 3D принтера составляет выбор управляющей электроники. В нашем проекте выбрана платформа ArduinoMega, т.к. это достаточно надежное устройство, имеет удобную поддержку и имеется большое количество дополнительной периферии, т.е. обладает неограниченной возможностью подключения к себе различных устройств. Для управления двигателями в создаваемой конструкции использован контроллер RAMPS 1.4, который устанавливается на Arduino сверху, а на нем, в свою очередь, закрепляются драйверы двигателей, обслуживающие периферию. В конструкции использованы 4 драйвера.

Главным преимуществом выбранной модели принтера является его кинематика «Cartesian» (рис. 1); отметим следующие плюсы данной системы.

- Стол движется только вдоль одной оси(вертикальной), благодаря этому отсутствует вибрация стола, которая существенно сказывается на качестве печати
- Привод подачи филамента вынесен на неподвижную часть корпуса, благодаря этому снята дополнительная масса, создающая инерцию при печати. В следствии увеличивается скорость и качество печати.
- Кинематика построена полностью на валах. Они выступают одновременно как направляющие, и как шкивы. Благодаря этому данная кинематика обладает жёсткой конструкцией, в следствии чего уменьшается вибрация при печати.

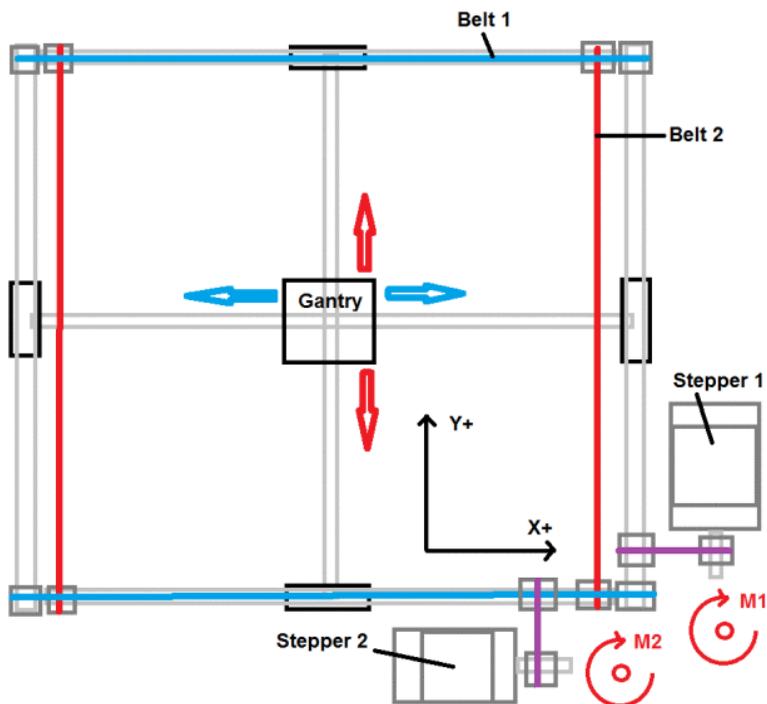


Рис. 1. Схематическое изображение кинематики Cartesian [1]

Для обеспечения работоспособности принтера использовано ПО с открытым кодом:

1. ПО ПК для прошивки Arduino;
2. Sprinter – ПО, которое формирует прошивку (firmware) для Arduino;
3. RepetierHost – программа, используемая для преобразования STL-файлов в G-коды, которые понимает контроллер принтера. Несмотря на большое количество настроек, RepetierHost имеет достаточно простой и понятный интерфейс.

Таким образом, в отличие от существующих аналогов предложена оптимальная конструкция для качественной печати с возможностью установки модульных систем (экструдер, шпиндельный узел, плоттер), что позволяет из 3D принтера сделать многофункциональное устройство для прототипирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3D печать. Кинематика Ultimaker [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/dagov/3d-printing-for-beginners/>
2. 3D-принтер.[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D>
3. Классификация 3D принтеров (7 технологий 3D печати) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/159931/>
4. How Does 3D Printing Work [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
5. Принтер Ultimaker 2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ultimaker.com/download/19607/UserManual-UM2Extended%2B_RU.pdf

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА В ЛОЦМАН:PLM И ИНТЕГРАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ ОАП И ЦП В МС

С.И. Новожилов, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследуется процесс создания проекта в PDM-системе ЛОЦМАН, где создается база данных разнородных объектов и документов, вводятся сборочные единицы и изделия. В качестве иерархии технической документации рассматривается структура учебного процесса 3 и 4 курсов по кафедре КИ ТМС

Ключевые слова: PDM, ЛОЦМАН:PLM, база данных, конструкторская документация.

CREATING PROJECT BY LOODSMAN: PLM AND DOCUMENT INTEROP OF DISCIPLINES ON THE BASICS OF COMPUTER-AIDED DESIGN AND DIGITAL PROTOTYPING IN ENGINEERING

S.I. Novozhilov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The project creating process in the LOODSMAN PDM system is investigated, where a database of heterogeneous objects and documents is created, assembly units and products are introduced. As a hierarchy of technical documentation, the structure of the educational process of 3 and 4 courses in the department of KI TMS is considered.

Keywords: PDM, LOODSMAN:PLM, database, project documentation.

ЛОЦМАН:PLM – система управления жизненным циклом изделия, которая позволяет управлять данными и процессами, организовывать коллективную работу специалистов и быстро находить нужную инфор-

мацию. Использование этой системы оптимизирует рабочие бизнес-процессы и систематизирует движение технической информации между участниками коллективного проекта.

Рассматривается проект, структура которого имитируется составом отчетов по дисциплинам ОАП и ЦПвМС в МС. Для наглядного представления будущего проекта была предложена схемы на рис. 1.

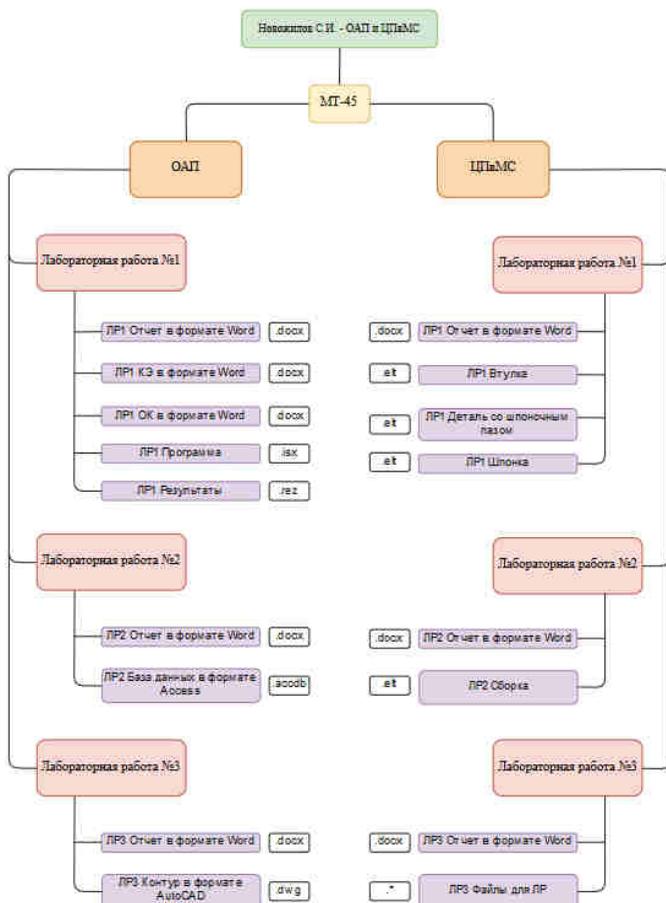


Рис. 1. Структура проекта

Дисциплины ОАП и ЦПвМС имитируют сборочные единицы, в которые входят детали. Детали представляют собой отчеты по лабораторным работам. При добавлении детали необходимо заполнить свойства

(карточку) объекта, в которых отражается вся информация о детали: обозначение, наименование, первичная применяемость, разработал, подразделение, предприятие, масса, дата создания, описание и другие, аналогичная содержанию конструкторской спецификации и основной надписи чертежей. Пример карточки представлен на рис. 2.

The screenshot shows a window titled "Свойства объекта" (Object Properties) with a close button in the top right corner. The window contains several sections:

- Тип:** Деталь (Detail)
- Объект:** ЛР1..
- Состояние:** Проектирование
- Связь:** Состоит из ...
- Атрибуты:** Информация (with a sub-menu icon and a "Вид" dropdown)
- Обозначение:** ЛР1..
- Наименование:** ЛабРаб 1
- Первичная применяемость:** ОАП
- Разработал:** Новожилов
- Подразделение:** МТ-45
- Примечание:**
- Предприятие:** ЯГТУ
- Масса:** 0 кг
- Код вида ЭСИ:**
- Дата создания:** 16.02.2019
- № посл. изменения:** 0
- Литера:**
- Описание:** (empty text area)
- В диапазоне...:** (checkbox)
- Количество:** 1,0
- Величина:** Не определен
- Ед. изм.:** (dropdown)
- Buttons:** "Права доступа...", "OK", "Отмена", "Справка"

Рис. 2. Свойства объекта

В каждой лабораторной работе присутствует отчет и основные файлы, являющиеся результатом выполнения работы. Следовательно, необходимо в каждый объект-деталь (лабораторную работу) добавить, собственно, отчет и основные файлы. На рис. 3 представлено созданное в соответствии со схемой на рис. 1 дерево проекта, а также при выборе лабораторной работы – добавленный файл с отчетом. При выборе данного файла откроется его содержание в программе MicrosoftWord, при этом сам файл находится на сервере ЛОЦМАН.

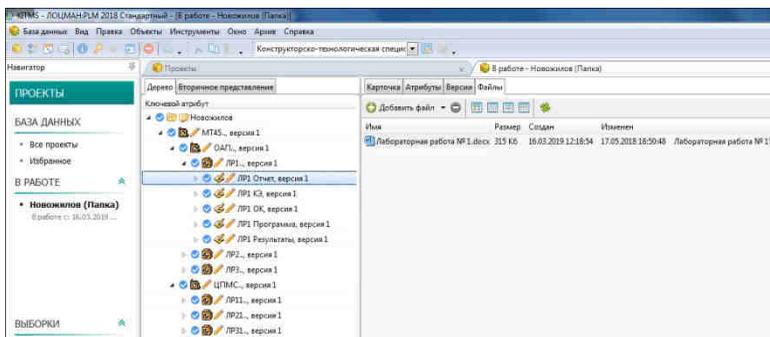


Рис. 3. Дерево проекта

ЛОЦМАН:PLM позволяет взаимодействовать не только с КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ и другими продуктами компании АСКОН, но и с системами других вендоров: SolidWorks и AutoCAD. В инструментарии присутствует вторичное представление, т.е. просмотр технической документации не в основной CAD/CAM-системе, а в программе-вьюере.

Таким образом, при выполнении данной работы были изучены вопросы ведения проекта в ЛОЦМАН:PLM для структурирования документации по дисциплинам ОАП и ЦП в МС, составлена структура документации, а также добавлены файлы отчетов по лабораторным работам, конструкторские и технологические файлы, являющиеся результатом выполнения работ. Предполагается тиражирование настроек, фиксирующих состояния жизненного цикла документов, сделанных на кафедральных ресурсах, в производственные условия во время подготовки ВКР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веб-страница кафедры “Компьютерно-интегрированная технология машиностроения” [Электронный ресурс]. М., 2003-2019. URL: <http://tms.ystu.ru/>. (Дата обращения: 11.03.2019).
2. ЛОЦМАН:PLM [Электронный ресурс]. М., 1989-2019. URL: https://ascon.ru/source/info_materials/2018/LOODSMAN-PLM-2018-booklet.pdf
3. ЛОЦМАН:PLM “Управление жизненным циклом изделия” [Электронный ресурс]. М., 1989-2019. URL: https://ascon.ru/source/info_materials/2018/LOODS

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСТРОЕК В ЛОЦМАН:PLM ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

И.С. Пахолков, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс коллективной работы вPDM ЛОЦМАН:PLM, переход разработанного объекта из состояния в состояние с помощью Workflow, а также настройка атрибутов и карточек этих объектов.

***Ключевые слова:** PDM, Workflow, атрибуты.*

RESEARCH OF SETTINGS IN LOTSMAN:PLM COLLABORATION FOR SOLVING DESIGN AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS

I.S. Pakholkov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The collaboration for PDM LOTSMAN: PLM, the transition of the developed object from state to state using Workflow, as well as setting attributes and cards of these object is considered.

***Keywords:** PDM, Workflow, attributes.*

Термин «коллективная работа», в современном мире проектирования, фактически соответствует словосочетанию «параллельная работа». Переход на параллельную работу подразделений предприятия существенно сократит сроки на разработку и внедрение проекта в производство. Для этого необходимо организовать взаимодействие конструкторов с первых этапов проектирования [1].

В ЛОЦМАН:PLM коллективная работа организована таким образом, что в дереве системы создаётся новая «ветка»-объект «изделие», в

нём ветки узлов и сборочных единиц (СЕ), которые отправляются по сети конструкторам. Конструкторы, работая параллельно, разрабатывают 3D-модели, чертежи и спецификации. Когда один из конструкторов заканчивает разрабатывать свою часть, он переводит свой объект из состояния «Проектирование» в состояние «Согласование». После согласования и утверждения, конструкторская документация (КД) отправляется далее по отделам предприятия, а затем и в производство, не дожидаясь пока всё изделие будет полностью разработано.

Для проверки КД в ЛОЦМАН:PLM применяется подсистема управления процессами, а именно типовой бизнес-процесс «Согласование и утверждение КД», который переводит разработанную КД в следующее состояние, согласно утверждённой схеме жизненного цикла (ЖЦ) изделия на предприятии (рис. 1).

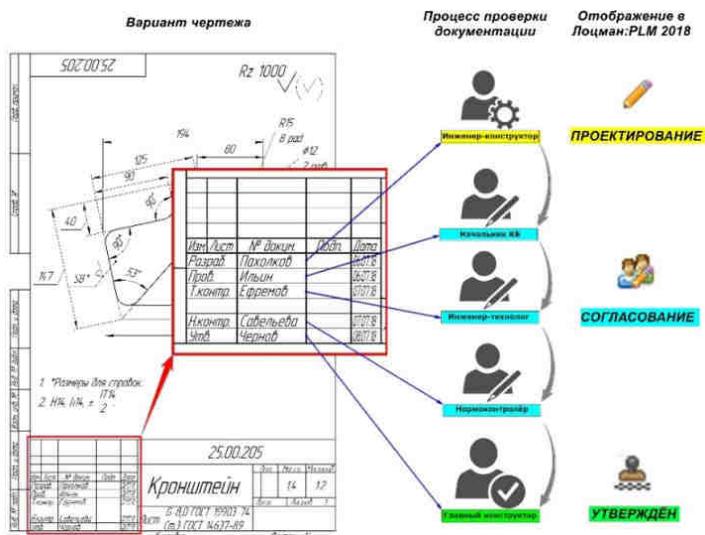


Рис. 1. Типовой бизнес-процесс «Согласование и утверждение КД»

Настройка состояний, а также атрибутов и карточек объектов, производилась в «ЛОЦМАН Конфигуратор».

Состояние – признак, однозначно определяющий стадию жизненного цикла объекта. Чтобы посмотреть в текущей базе данных набор состояний объектов и документов, нужно выбрать в дереве метаданных узел «Модель данных – Состояния». В области информации откроется список всех состояний, которые есть в базе. Для каждого состояния, выбранного в дереве метаданных, имеются свои сведения, которые отобра-

яются в области информации на разных вкладках. Во вкладках «Типы» и «Документы», виден список типов и документов, которые могут находиться в выбранном состоянии, их можно добавлять и удалять, а также создавать свои состояния объектов (рис. 2) [2].

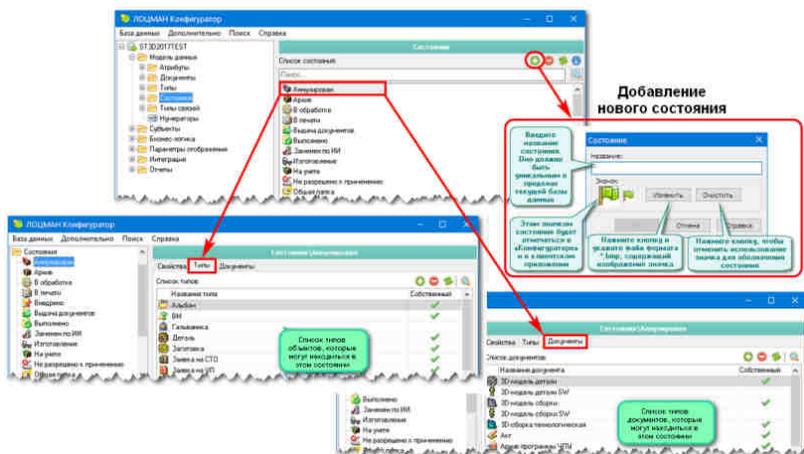


Рис. 2.Настройка состояний объектов

Очень важным аспектом в«ЛОЦМАН:PLM» является описание объектов. Максимально полно описать объект позволяет совокупность атрибутов. Атрибут – именованная характеристика объекта базы данных. Список атрибутов, уже имеющихся в базе данных, можно посмотреть в конфигураторе, выбрав в дереве метаданных узел «Модель данных – Атрибуты». Для создания нового атрибута использовалась команда «Создать» и в открывшемся окне вводились нужные данные. Редактирование атрибутов выполнялось теми же приемами, что и создание, только теперь использовалась команда«свойства» [2].

Так же как и для состояний, каждый атрибут имеет список типов объектов и документов, при описании которых может использоваться определяемый атрибут (рис. 3).

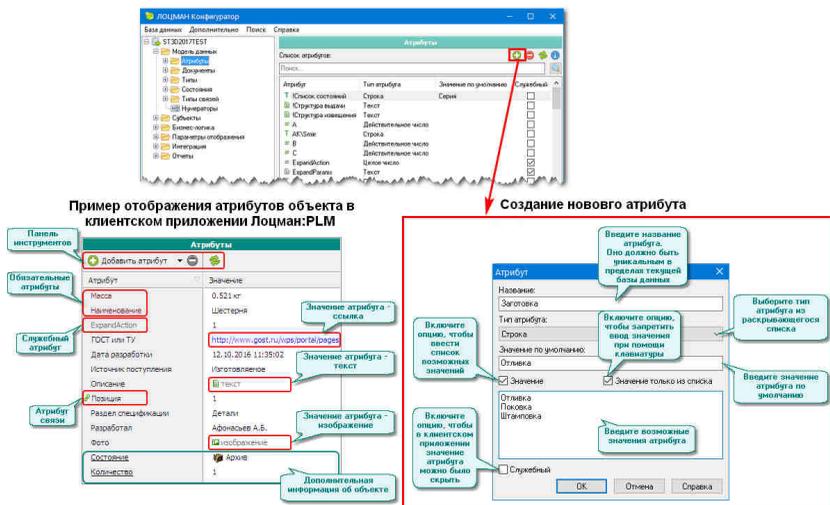


Рис. 3. Настройка атрибутов

Главным источником информации о каких-либо объектах в ЛОЦМАН:PLM являются карточки. Они позволяют показывать на экране свойства объекта наиболее удобным для пользователя образом, дают возможность представлять информацию об объекте под разным углом для различных ролей. Чтобы пользователь мог в клиентском приложении использовать карточку для работы с атрибутами объектов и документов, должны выполняться два условия:

- 1) карточка должна быть сопоставлена типам объектов и документов;
- 2) пользователю дана роль, которая имеет доступ к карточке, сопоставленной определенным типам объектов и документов[2,3].

Итак, в ходе данной работы была исследована коллективная работа предприятия в ЛОЦМАН:PLM с помощью специализированного модуля WorkFlow, настроены состояния для перехода различных объектов согласно ЖЦ, утверждённого на предприятии, а также средства, для получения наиболее полной информации о разработанном объекте – атрибуты и карточки. Результаты работы потребуются для выполнения ВКР и дальнейшего развития исследования системы ЛОЦМАН:PLM, а также внедрения её на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аскон «ЛОЦМН:PLM» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ascon.ru/products/889/review/>
2. САПР и графика № 9 – 2004 «ЛОЦМАН:PLM: курс – в будущее руководителям, ИТ-специалистам, инженерам» [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/14948>
3. *Калачев О.Н.* Адаптация PDM-системы ЛОЦМАН:PLM к условиям машиностроительного предприятия / О.Н. Калачев, М.А. Чистов // Труды Восьмого международного симпозиума "Интеллектуальные системы" (INTELS'2008). М.: РУСАКИ, 2008. С. 607-610.
4. *Калачев О.Н.* Создание компьютерно-интегрированного комплекса для отслеживания учебной деятельности студента на основе PDM-системы ЛОЦМАН:PLM Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции "Новые материалы и технологии" НМТ-2008. М.: МАТИ, 2008. С. 172-173.

УДК 517.925

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ В SOLIDWORKS

А.И. Родоманов, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается специфика разработки в SolidWorks 3D-модели детали и отливки по исходному заводскому чертежу. Далее создаются 3D-модели деталей пресс-формы с учетом требований к точности выполняется сборка пакета деталей пресс-формы. Производится имитация черновой обработки 3D-фрезированием, 3D-модели "Матрица неподвижная" в SolidCAM.

Ключевые слова: CAD, CAM, SolidWorks, SolidCAM, литейная оснастка, 3D-модель

FOUNDRY PATTERN EQUIPMENT FOR SOLIDWORKS DESIGN ENGINEERING

A.I. Rodomanov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The specifics of development for SolidWorks 3D-models of parts and castings according to the original factory figure are considered. 3D-models of mold parts account to the accuracy requirements are created, the package of mold parts is assembled. Simulated roughing by 3D milling, 3D model "Fixed Matrix" in SolidCAM.

Keywords: CAD, CAM, SolidWorks, SolidCAM, Foundry Accessories, 3D Model.

Литье под давлением является одним из эффективных методов получения заготовок. Это способ изготовления отливок, при котором сплав приобретает форму отливки, быстро заполняя пресс-форму, сплав под высоким давлением от 7 до 700 МПа формируется в нужную форму. Этот способ применяется для сплавов цветных металлов (на основе цинка, алюминия, меди, магния, сплав олово-свинец) из-за их низкой темпера-

туры плавления, а также для некоторых сталей. На основе заводского задания в рамках договора МИП АйТиТехмаш кафедры КИ ТМС с одним из Ярославских предприятий рассматривается конструкторско-технологическая подготовка производства литейной оснастки в SolidWorks.

SolidWorks — программный комплекс САПР, предназначенный для автоматизации этапов подготовки производства. Основной задачей SolidWorks является работа с 3D моделями. По заводскому чертежу детали приступаем к построению эскиза в SolidWorks. Процесс создания моделей в SolidWorks прост и не сильно отличается от других CAD систем (AutoCAD, КОМПАС-3Di др.), используемых студентами ЯГТУ. В выбранной плоскости с помощью базовых команд (линия, круг и др.) строим эскиз. Далее начинаем проставлять взаимосвязи и размеры. Для нанесения размеров используем команду "Авторазмер" или "SmartDimension". Когда эскиз готов, с помощью инструмента «вытянутая бобышка» превращаем его в полноценную 3D модель. Для использования этого инструмента достаточно кликнуть на его пентаграмму, выбрать область вытягивания, выбрать длину вытягивания, подтвердить. Далее с помощью различных инструментов твердотельного моделирования (вытянутый вырез, скругление и др.) из готового контура строим модель отливки, представленную на рис. 1.

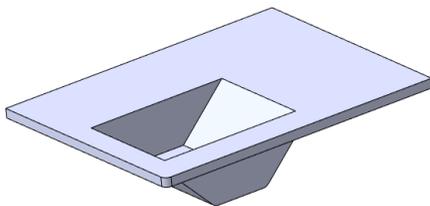


Рис. 1. Модель отливки

По указанию заводских специалистов было принято решение проектировать 3D-модель сборки пресс-формы для изготовления заготовки. А именно, оформить сборочный чертеж формы, спецификацию и чертежи каждой детали формы.

В SolidWorks были разработаны подвижная и неподвижная матрицы, плита толкателей, планки, различные упоры, толкатели, колонки и т.д. Детали, непосредственно соприкасающиеся с расплавленным металлом, изготавливаются из штамповой стали 4X5МФС. Планки – из конструкционной углеродистой качественной стали 45. Для небольших деталей типа упоров, колонок назначена сталь У8А. На рис. 2 показаны соз-

данные 3D-модели деталей пресс-формы.

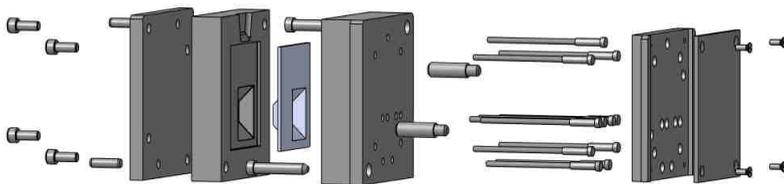


Рис. 2. Детали пресс-формы в разведенном состоянии

Для выполнения конструкторской документации на пресс-форму использовалась программа КОМПАС-3D. Для этого 3D-модель из SolidWorks сохранялась в формат, поддерживаемый КОМПАС-3D, где с помощью команды "Вид с модели" виды переносились на чертежи. Для всех размеров были назначены необходимые допуски и посадки. Шероховатость для формирующих отливку поверхностей составляет $0,8Ra$ и $3,2Ra$ для остальных поверхностей.

Детали пресс-формы изготавливаются на 5-ти координатном фрезерном обрабатывающем центре FАM32. Для получения управляющей программы используется SolidCAM.

SolidCAM – инструмент быстрого и легкого создания управляющих программ для токарных, фрезерных и электроэрозионных станков с ЧПУ. Использование SolidCAM как интегрированного приложения к программным продуктам, входящим в состав Autodesk Inventor Series/Professional, обеспечивает возможность создания полнофункциональной CAD/CAM-системы. Выбранную 3D-модель "Матрица неподвижная" открываем в Inventor. Переходим во вкладку "CAM" для создания симуляции обработки детали. Выбрав 3D-фрезерование нажимаем "Выборка кармана" традиционный метод черновой обработки для эффективного удаления большого количества материала. Программа предлагает нам выбрать основные настройки обработки (инструмент, геометрию, проходы и др.). Инструмент можно как загрузить из библиотеки, так и создать самому, после ввода диаметра фрезы 6 мм программа автоматически подобрала остальные параметры инструмента. В выборе геометрии вводились такие параметры, как: отвод инструмента, максимальная глубина резания, контур обработки. Количество проходов программа рассчитала самостоятельно, после ввода параметров была рассчитана траектория обработки сложного по форме углубления. Нажав на кнопку "Симуляция" программа запросила указать материал заготовки и отображение инструмента. Для вывода УП (управляющей программы) нажимаем кнопку "постпроцессор" он сохраняется и открывается в редакторе. На

рис. 3 изображен фрагмент УП и обработанная поверхность матрицы вместе с траекторией обработки.

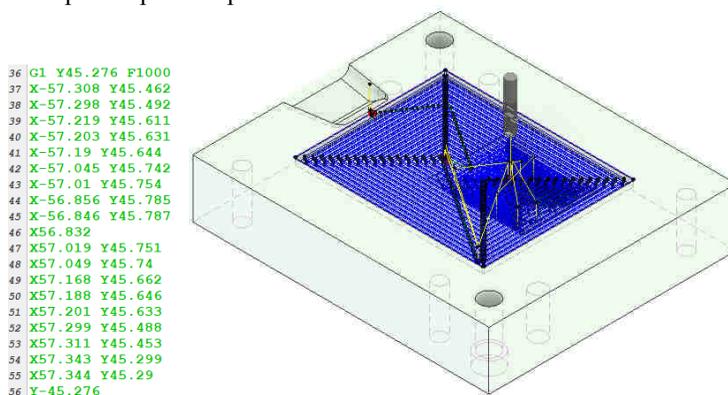


Рис. 3. Фрагмент УП и траектория обработки кармана

Таким образом, при выполнении проекта были изучены основные принципы проектирования литейной оснастки а также особенности процесса создания 3D-моделей в SolidWorks с последующим оформлением конструкторской документации в КОМПАС-3D. Освоена программа SolidCAM, позволяющая вывести УП по созданной 3D-модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галдин Н.М. Цветное литье: Справочник / Н.М. Галдин [и др.]. М.: Машиностроение, 1989. 528 с.
2. Дударева Н.Ю. Самоучитель SolidWorks 2010 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко-СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
3. Большаков В.П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум / В.П. Большаков. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.

КОГЕНЕРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА С ДИЗЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТОМ

А.Р. Белов, А.В. Жаров

Научный руководитель – **А.В. Жаров**, канд. техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Представлена схема энергокомплекса, состоящего из двух дизельных когенерационных установок суммарной электрической мощностью 630 кВт, предназначенного для энергоснабжения вахтовых поселков на Крайнем Севере.

Ключевые слова: когенерационная установка, утилизация тепла дизельного двигателя, энергокомплекс.

COGENERATION PLANT WITH DIESEL GENERATOR UNIT

A.R. Belov, A.V. Zharov

Scientific Supervisor – **A.V. Zharov**, Candidate of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The scheme of the power complex which consists of two diesel cogeneration units with a total electrical capacity of 630 kW intended for power supply of shift camps in the Far North is presented.

Keywords: cogeneration plant, heat utilization of diesel engine, energy complex.

Активное освоение месторождений полезных ископаемых регионов Крайнего Севера требует наличия вахтовых поселков для проживания специалистов, обслуживающих сложное оборудование. При этом необходимо решить проблемы связанные со снабжением этого оборудования и жилых домов достаточным количеством электроэнергии. Это связано с тем, что они, как правило, расположены за тысячи километров от линий электропередач, магистральных газопроводов, тепло- или гидроэлектростанций. Обычно вахтовые поселки снабжают дизельными

электростанциями. Для их работы завозят дизельное топливо в больших объемах, которое также используется для отопления рабочих и жилых помещений дизельными тепловыми котлами. При этом возникает проблема нерационального использования дизельного топлива.

Вышеупомянутые проблемы предлагается решить с помощью дизельных когенерационных установок (КГУ). Последние представляют собой оборудование, предназначенное для одновременного вырабатывания тепловой и электрической энергии. В его состав входят следующие агрегаты: дизельный двигатель, синхронный электрогенератор, теплообменное оборудование для утилизации тепла отработавших газов (ОГ) и охлаждающей жидкости (ОЖ) дизеля, системы автоматического и/или автоматизированного управления и др. Применение данных устройств также повышает коэффициент использования топлива (КИТ), что является очень важным при завозе топлива в такие регионы. В работе предлагается применить энергокомплекс суммарной электрической мощностью 630 кВт, представляющий собой две дизельные КГУ, работающие «в параллель». В состав энергокомплекса входят два дизельных двигателя ЯМЗ 8503, два синхронных генератора Linz Electric Pro 28L G/4, пластинчатые теплообменники-утилизаторы ОЖ типа «жидкость-жидкость», пластинчатые теплообменники-утилизаторы ОГ типа «газ-жидкость», системы управления электроагрегатами и утилизацией тепла дизелей на базе цифровых контроллеров, а также прочее вспомогательное оборудование. Вышеперечисленные устройства размещаются в модульных блок-боксах, выполненных на базе морских 20-футовых контейнеров.

Утилизация тепла ОГ дизеля приводит к проблеме, связанной с отложением сажевых частиц, входящих в состав ОГ, на теплопередающих поверхностях теплообменного оборудования, что в свою очередь снизит эффективность теплообменника. Предлагается решить эту проблему за счет использования в качестве теплообменника-утилизатора тепла ОГ пластинчатый теплообменный аппарат типа «газ-жидкость». Данный теплообменник способен к самоочищению от частиц сажи в процессе работы благодаря геометрии канала, находящегося между пластин, для течения ОГ [1]. В случае значительного снижения эффективности теплообменника-утилизатора ОГ из-за образования слоя сажи на теплопередающих поверхностях, в предлагаемой дизельной КГУ предусмотрена возможность съема тепла только с ОЖ за счет перенаправления потока теплоносителя в обход теплообменника-утилизатора ОГ (см. рис. 1).

КИТ можно повысить при интенсификации теплообмена в системе утилизации тепла за счет использования специальных охлаждающих жидкостей, которые представляют собой водный раствор этиленгликоля с наночастицами мультиграфена [2]. Данный теплоноситель обладает

увеличенным коэффициентом теплопроводности, величина которого зависит его температуры и концентрации наночастиц мультиграфена в нем.

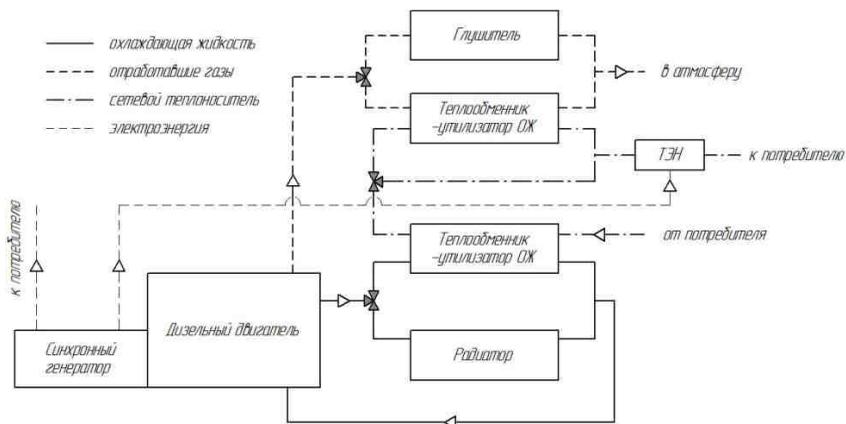


Рис. 1. Схема утилизации тепла дизеля

Предлагаемый энергокомплекс, состоящий из двух дизельных КГУ имеет следующие режимы работы:

а) «дневной режим» – максимальная потребность в тепловой и электрической энергии, обе КГУ загружены на 75 % от номинальной мощности (рекомендуемая загрузка установок при использовании последних в качестве основных источников электроэнергии);

б) «ночной режим» – минимальная потребность в электрической энергии, максимальная потребность в тепловой, обе КГУ загружены на 50 – 65 %, при чем электрическую нагрузку обеспечивает система трубчатых электронагревателей, установленная после теплообменников-утилизаторов и обеспечивающая дополнительный подогрев сетевого теплоносителя;

в) «режим технического обслуживания» – одна из КГУ обеспечивает тепло- и электроснабжение поселка частично, пока вторая находится на плановом техническом обслуживании или ремонте.

К недостаткам таково типа автономных источников тепло- и электроснабжения относятся увеличение количества обслуживаемых единиц техники из-за наличия второго модульного блок-бокса, более сложные алгоритмы работы систем управления КГУ, а также их настройка и синхронизация.

К преимуществам можно отнести их мобильность, возможность поочередного технического обслуживания без полного прекращения

энергоснабжения, увеличение ресурса КГУ и уменьшение затрат на генерацию электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пластинчатый теплообменный аппарат для утилизации отработанных газов дизельного двигателя / В.С. Фавстов, В.А. Мухачев, А.А. Павлов, А.В. Жаров // *Материалы III Всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы развития транспорта на севере России»*. 2014. С. 121–124.
2. Теплоноситель с наночастицами мультиграфена для интенсификации процессов теплообмена в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания / А.В. Жаров, Р.В. Горшков, Н.Г. Савинский // *Труды НАМИ*. 2018. № 4 (275). С. 48–56.

РАСЧЕТ ОПОРЫ ПОСТОЯННОГО УСИЛИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

А.А. Александров, А.В. Проворов

Научный руководитель – **А.В. Проворов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится обзор конструкций опор постоянного усилия технологических трубопроводов. Предлагается математическая модель для расчета одного из вариантов конструкций опор.

***Ключевые слова:** опора, технологический трубопровод, постоянное усилие, расчет.*

THE CALCULATION OF PERMANENT CRADLE REINFORCEMENT OF INDUSTRIAL PIPELINE

A.A. Aleksandrov, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – **A.V. Provorov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

An overview of the structures of the constant pressure supports of industrial pipelines is given. A mathematical model for the calculation of one of the designs of supports is proposed.

***Keywords:** support, technological pipeline, constant force, calculation.*

Опоры воспринимают статические и динамические нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации технологических трубопроводов. Различают подвижные и неподвижные опоры [1, с. 130]. Подвижные опоры используются для компенсации температурных удлинений трубопровода. Для горизонтальных участков трубопровода используют как опоры скольжения, так и опоры с меньшим коэффициентом трения - катковые опоры. Для компенсации удлинений вертикальных участков применяют пружинные и рычажно-пружинные опоры различной конструк-

ции. Основная проблема заключается в том, что такие опоры должны воспринимать и компенсировать вес трубы, который является фиксированной величиной. Обычные пружинные опоры при перемещении точки контакта с трубопроводом меняют силу реакции на это перемещение и создают дополнительные нагрузки на конструкцию трубопровода. Поэтому их можно применять только при небольших удлинениях трубы.

Проблема решается применением опор постоянного усилия, которые обеспечивают постоянное поддерживающее усилие на всем диапазоне перемещений зоны опоры трубопровода. В настоящее время применяется несколько конструкций опор постоянного усилия. На рис. 1 представлена схема конструкции опоры, запатентованной и выпускаемой фирмой Lisega [2].

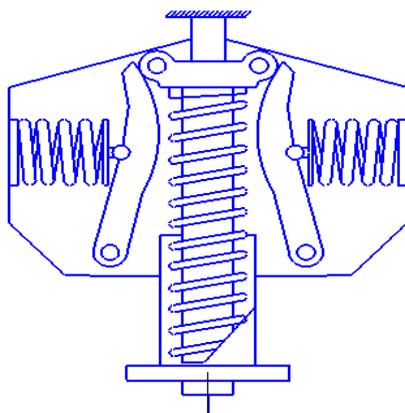


Рис. 1. Опора постоянного усилия фирмы Lisega

Данная конструкция за счет рычагов специально подобранного профиля обеспечивает стабильно постоянное усилие рабочего органа на всей длине его выдвижения. Существует ряд подобных конструкций.

Другая группа пружинно-рычажных опор обеспечивает лишь приблизительно постоянное значение по отношению к фиксированному значению усилия. То есть усилие на рабочем органе в процессе работы опоры может колебаться в некотором заданном диапазоне. В то же время такие опоры имеют более простую конструкцию, а поэтому более высокую надежность и меньшую стоимость. Схема такой конструкции представлена на рис. 2.

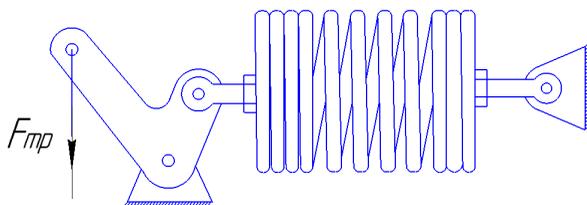


Рис. 2. Пружинно-рычажная опора постоянного усилия

В этой конструкции используется пружинно - рычажный механизм, с помощью которого за счет предварительной регулировки сжатия пружины и выбора оптимальных геометрических характеристик, обеспечивается практически постоянное поддерживающее усилие в фиксированном диапазоне возможных вертикальных перемещений.

В литературе отсутствуют методики расчета таких конструкций. Поэтому была разработана математическая модель и выведены основные уравнения, позволяющие связать усилие на рабочем органе с параметрами механизма и характеристиками пружины. Расчетная схема механизма представлена на рис. 3.

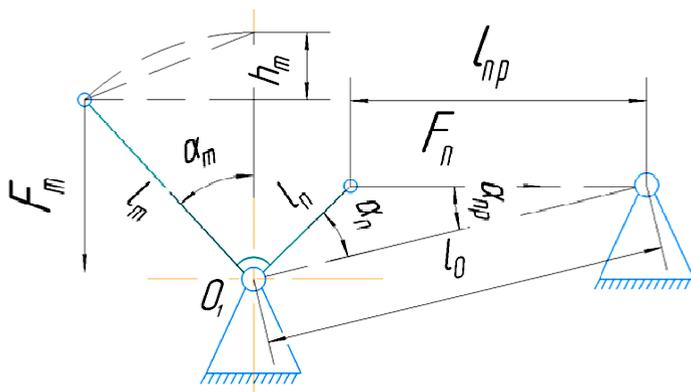


Рис. 3. Схема работы опоры

Сила растяжения пружины F_n создает относительно оси вращения рычага-коромысла момент, который уравновешивает момент от веса трубопровода.

Ниже приведены формулы для расчета механизма опоры постоянного усилия.

$$F_T = \frac{l_0}{\sqrt{2l_T h_T - h_T^2}} F_{II} \sin \alpha_{II};$$

$$F_{II} = F_{II0} + k_{II} (l_{II} - l_0 + l_{II});$$

$$l_{II} = \sqrt{l_{II}^2 + l_0^2 - 2l_{II} l_0 \cos \alpha_{II}};$$

$$\cos \alpha_{II} = \frac{(l_T - h_T) \cos \alpha_{II0} - \sqrt{2l_T h_T - h_T^2} \sin \alpha_{II0}}{l_T}.$$

Здесь F_T - вес трубопровода, F_{II} - усилие со стороны пружины, k_{II} - коэффициент жесткости пружины.

По полученным уравнениям был выполнен расчет одного из вариантов опоры и построены зависимости усилия на рабочем органе от его перемещения в вертикальном направлении (рис. 4).

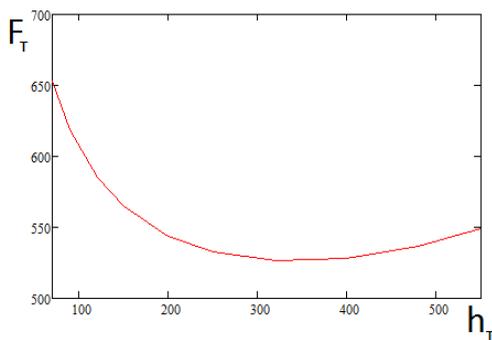


Рис. 4. Зависимость усилия от перемещения

Можно видеть, что на некотором участке обеспечивается приближительное постоянство усилия. Длина этого участка и величина усилия зависят от геометрических параметров механизма и свойств пружины. Именно этот участок следует выбирать в качестве рабочего диапазона перемещений. Используя построенную математическую модель, можно подобрать такие параметры пружины и механизма в целом, которые обеспечат заранее заданные рабочие параметры опоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магалиф В.Я.* Монтажное проектирование химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих заводов. М.: ООО "НАВИГАТОР", 2010. 344 с.
2. Опорные конструкции Liseqa [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.liseqa.de/ru/>. (Дата обращения: 10.03.2019).

УДК 621.9.014.001:631.3

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАТЕКАНИЯ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

А.В. Четверикова, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается возможность автоматизированного проектирования литейных систем в CAD/CAM Cimatron совместно с системой проектирования заливки материала Moldex3D.

Ключевые слова: CAD/CAM, mold, 3D-моделирование, литье под давлением.

THE QUESTION OF DESIGNING OF FOUNDRY PATTERN EQUIPMENT ACCESSORIES BY REFERENCE TO THE SPECIFIC FEATURES OF INFLOWING DETAILS

A.V. Chetverikova, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the possibility of automated design of injection molding systems in Cimatron CAD / CAM together with the Moldex3D material casting design system.

Keywords: CAD/CAM, mold, 3D modeling, injection molding.

Перед проектированием пресс-форм для литья заготовки необходимо предварительно оценить поведение расплава в зависимости от многих факторов, в том числе – правильного расположения детали при заливке и точек впрыска материала расплава. Для этих целей предназначены специализированные пакеты Moldex3D или Cast-Designer.

В данной работе использована тайваньская система Moldex3D, обеспечивающая предварительное моделирование всего технологическо-

го цикла изготовления (заливка, выдержка под давлением, охлаждение, усадка/коробление) как термопластов, так и реактопластов.

Вместе с Moldex3D – основным программным обеспечением, устанавливаются и вспомогательные пакеты CADdoctor и Designer (все сразу, так как друг без друга работать не могут).

На первом этапе в Moldex3D создается проект. Затем переходим в пакет Designer – там моделирование делится на 5 следующих этапов.

1) Импорт предварительно созданной модели детали (в переходных форматах .stp или .igs, которые доступны для всех программ моделирования деталей, будь то Cimatron, NX или Inventor). Для исключения искажения геометрии при экспорте используется CADdoctor.

2) Выбор расположения литников и питателей указываются точки расположения литников, их диаметры. Питатели добавляются автоматически, можно отредактировать их высоту и тип.

3) Добавляется схематически или импортируется сборка формопакета. При моделировании он не участвует, но необходим для правильного расположения каналов охлаждения, а также литниковой системы.

4) Генерирование сетки – это необходимая стадия расчета: расчетная область разбивается на дискреты (элементы). В узлах сетки определяются значения искомых переменных (в основном скорость и давление) и накладываются граничные условия.

5) Экспортирование файла из Designer.

Возвращает к меню создания проекта. Здесь выбирается тип литья, материал из библиотеки материалов и запускается анализ. После обработки данных, программа выдает дерево аспектов анализа: распределение материала со временем, температуры заливки, линии возникших спаев и пр.

Для определения наилучшего расположения детали рассматривали два проекта с анализом заливки двумя вариантами расположениями: хвостовым оперением вверх и хвостовым оперением вниз, но с одинаковыми литниковыми системами. В каждом проекте анализировались аспекты: заливки, уплотнение, застывание и коробление.

Установлено, что каждый из аспектов в разной степени влияет на итоговое качество детали после застывания материала, но в большей степени проявляется коробление детали. Коробление полного смещения в расположении хвостовым оперением вниз ниже, чем при расположении вверх (рис. 1). Разброс показателей коробления представлен на шкале слева от детали. Верхние и нижние показатели показывают максимальное и минимальное коробление в миллиметрах. Данный показатель отличается не значительно (около 0,1 мм), так что обратимся к короблению плоскостности (рис. 2). Здесь максимальное плоскостное коробление для расположения хвостовым оперением вниз на 20 мм ниже, чем у располо-

жения вверх. Наличие такого большого коробления для детали в данный момент нами не изучено.

После завершения анализа в Moldex3D, спроектируем матрицу, пуансон и формопакет для выбранного расположения детали CAD/CAM Cimatron (рис. 3).

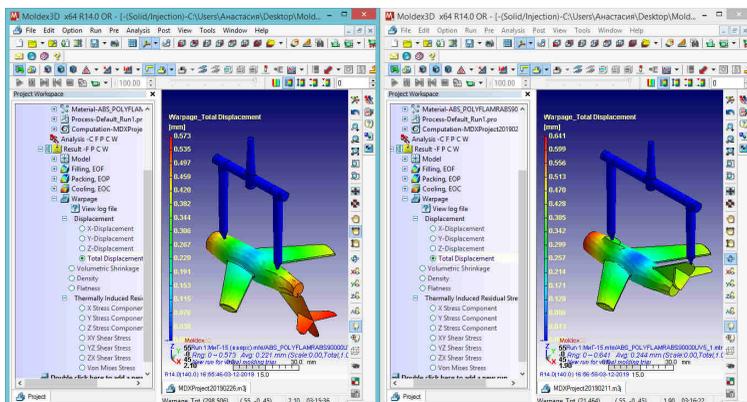


Рис. 1. Коробление полного смещения при двух разных расположениях детали

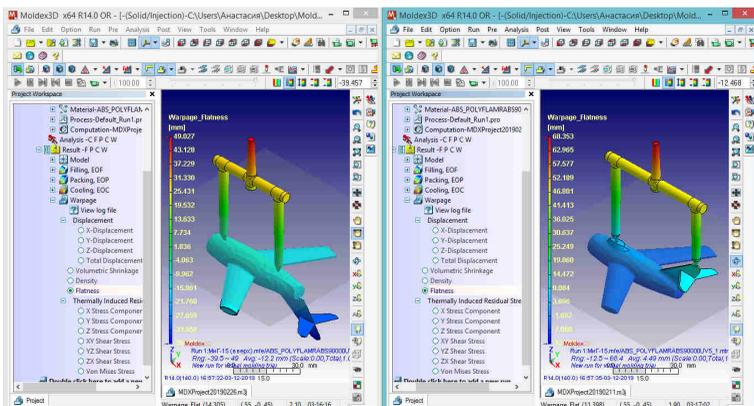


Рис. 2. Коробление плоскостности при двух разных расположениях детали

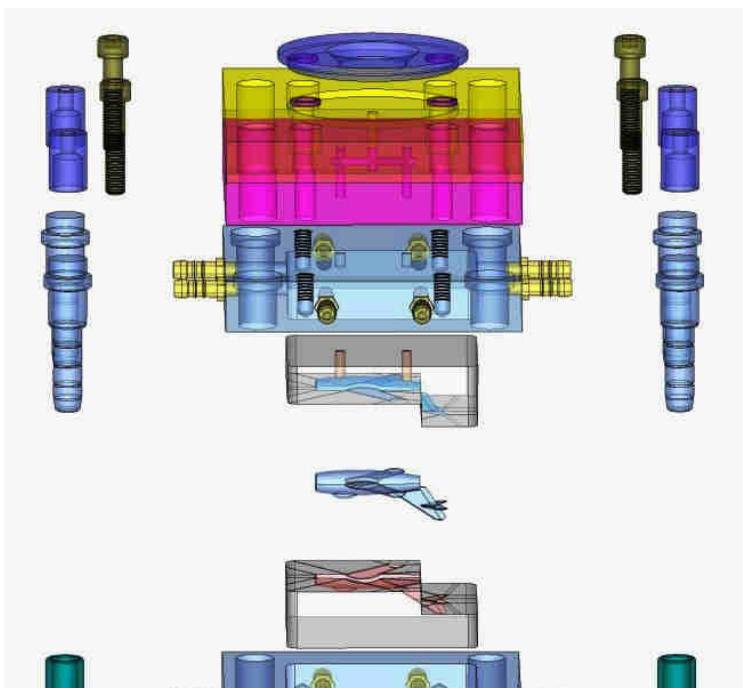


Рис. 3. Формопакет для выбранного расположения

Таким образом, проведя сравнение в Moldex3D двух разных расположений детали в матрице пресс формы, приходим к выводу, что расположение хвостовым оперением вниз будет более технологичным и поможет избежать повышения процента брака при литье заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барвинский И.А. Инженерные расчеты литья термопластов под давлением: версия Moldex3D R14 // CADMaster. 2016. № 2. С. 89-93.
2. Барвинский И.А. 3D-расчеты литьевых форм для литья термопластов под давлением // Семинар «Современные технологии производства и эксплуатации пресс-форм». Международная выставка РОСМОЛД'2015. Москва. 24 июня 2015 г. С. 1–12.

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ
НА КАФЕДРЕ КИ ТМС**

А.В. Смирнова, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен обзор электронных средств, используемых в процессе обучения на кафедре КИ ТМС. Дана краткая характеристика использования таких средств в учебном процессе, как TeamViewer, Wi-Fi, Skype, электронная почта и социальные сети, предоставляя достоинства их использования.

Ключевые слова: электронные средства, цифровизация, образование, обучение, социальные сети, online-обучение, дистанционное обучение.

**THE QUESTION OF DIGITAL RESOURCES USE
IN THE EDUCATIONAL PROCESS AT THE DEPARTMENT
OF CI TMS YSTU**

A.V. Smirnova, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The review of electronic tools used in the educational process at the Department of CI TMS YSTU. A brief description of the use of such tools in the educational process, such as TeamViewer, Wi-Fi, Skype, e-mail and social networks is used.

Keywords: electronic means, digitalization, education, training, social networks, online-learning, distance learning.

В настоящее время в мире происходят значительные изменения, связанные с информационной парадигмой. В XXI веке во всех хозяйственных сферах человеческой деятельности стали превалировать инфор-

мационные технологии, оказывающие непосредственное влияние и на образовательный сегмент, «оцифровывая» его. Более того, данный концепт поддерживается и на международном уровне. К примеру, Институт UNESCO по информационным технологиям в образовании еще в 2010 году в своем ежегодном сборнике отметили увеличивающуюся роль информационных технологий в образовании, подчеркнув, что цифровизация образования должна коснуться не только развитые страны, но также и развивающиеся [4].

Информационные технологии и электронные средства несут в себе множество плюсов, как, например, возможность массового использования, легкость доступа, дешевизна или небольшая плата, однако самым большим достоинством является то, что использование цифровых технологий в образовательном процессе значительно экономит время, позволяя также привнести элемент интерактивности в занятия.

Таким образом, практическое применение различных электронных ресурсов весьма актуально в учебном процессе по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

В работе рассмотрены различные виды электронных ресурсов, применяемые для обучения на кафедре КИ ТМС [5] учебного плана магистратуры 15.04.05 направленности «Компьютерно-интегрированное машиностроение» и практическое применение некоторых из них, таких как: Skype, TeamViewer.

Студенты благодаря анализируемому программному решению могут подключаться к компьютеру преподавателя в режиме реального времени. Посредством TeamViewer могут проводиться различные лекции, семинары, контрольные и прочие формы учебных занятий, что позволит обеспечить виртуальное присутствие студентов, если реальное невозможно по разным причинам.

Что бы осуществить подключение к стороннему компьютеру необходимо ввести логин и пароль, который присвоен ПК, к которому подключаемся. После того как данные введены программа TeamViewer подключается к ПК преподавателя и в окне этой программы появляется интерфейс подключённого компьютера (рис. 1).

А для более эффективного учебного процесса в учебном классе «Образовательный центр Autodesk» преподаватель во время лекции пользуется проектором для демонстрации учебных материалов с веб-страницы кафедры [5] при помощи технологии Wi-Fi.

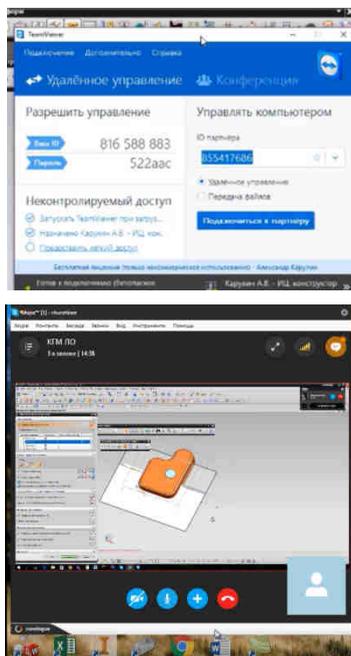


Рис. 1. Подключение удалённого доступа к ПК преподавателя

По-прежнему одним из самых используемых цифровых инструментов является разработка от американской корпорации Microsoft – Skype, имеющая следующие преимущества [3]: возможность совершать групповые звонки (до 25 человек); видеочат; групповые видеозвонки; обмен сообщениями; отправка файлов в чате; видеопочта; демонстрация экрана компьютера; отправка контактных данных; групповая демонстрация экрана; бесплатные звонки между абонентами Skype по всему миру.

Таким образом, данный электронный ресурс может быть очень полезным в контексте учебного процесса, особенно на кафедре КИ ТМС, так как работающие магистранты очной формы не всегда успевают приходить на учебный процесс вовремя, а с помощью данного решения они могут обучаться, находясь дома. Преподаватель может демонстрировать свой «рабочий» стол студентам, работая в той или иной CAD/CAM программе.

Например, на рис. 2-4 представлено практическое занятие по курсу «Компьютерно-графическое моделирование литьевой оснастки» в программе NX [2].

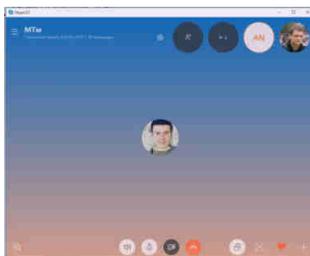


Рис. 2. Процесс установления связи по Skure между преподавателем и обучаемой группой для проведения практического занятия

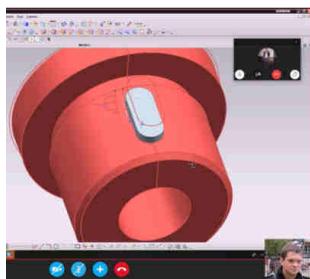


Рис. 3. Методика работы в программе NX с объяснениями преподавателя



Рис. 4. Связь участников группового звонка с преподавателем при помощи чата

Таким образом, были рассмотрены средства и примеры дистанционного и online-обучения, применяемый на кафедре КИ ТМС, что позволяет более тщательно и детально в домашних условиях изучить предметы учебной программы магистратуры 15.04.05 направленности «Компьютерно-интегрированное машиностроение».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Number of Emails Sent Per Day [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lifewire.com/how-many-emails-are-sent-every-day-1171210>.
2. NX [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/>
3. Возможности Skype [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.skype.com/ru/features/>
4. UNESCO Institute for Information Technologies in Education [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iite.unesco.org/pics/publications/en/files/3214664.pdf>
5. Материалы WEB-страницы кафедры «Компьютерно-интегрированная Технология машиностроения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tms.ystu.ru>

УДК 621.321

ДООХЛАЖДЕНИЕ КОНДЕНСАТА ВЫПАРА В ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

М.В. Хренов, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится описание модернизации деаэрационной установки с помощью градирни.

***Ключевые слова:** деаэрационные установки, деаэраторы, процесс деаэрации, градирня.*

CONDENSATED VENTED STEAM AFTERCOOLING BY DEAERATION PLANT

M.V. Khrenov, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – **Yu.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A description of the modernization of the deaeration plant using a cooling tower is presented.

***Keywords:** vent installation, deaerators, deaeration process, cooling tower.*

Деаэрация – процесс удаления кислорода из воды. Именно растворенный в воде кислород является основной причиной коррозии трубопроводов. Для удаления кислорода из воды применяются деаэраторы. Конструкции деаэраторов достаточно разнообразны: барботажные, пленочно-струйные, вихревые, струйные, щелевые и др. Процесс деаэрации может вестись при атмосферном давлении, избыточном давлении и вакууме.

В настоящее время в промышленности нашли широкое применение атмосферные деаэраторы (тип ДА). Они отличаются простотой конструкции, надежностью и обеспечивают на выходе воду с остаточным содержанием кислорода до 20 мкг/кг. Существует типоразмерный ряд данных конструкций установок, рассчитанных на различную производительность.

Данные установки находят применение в системах водоподготовки на ТЭЦ. В последние годы, помимо ТЭЦ, процессы деаэрации воды находят все большее применение в других отраслях промышленности, в частности, в нефтехимической. Однако существует ряд проблем, в частности, не всегда на установке имеется холодная вода для охлаждения выпара. В связи с этим, адаптация типового атмосферного деаэратора под условия технологического процесса является актуальной задачей. Решение данной задачи достигается внесением изменений в конструкцию деаэратора.

Температура отработанной воды на выходе из деаэрационной установки достигает 56 °С. При этом сливается она в канализацию, в которой температура стоков не должна превышать 40 °С. Поэтому, в качестве модернизации, я выбрал установку, которая сможет охладить отработанную до необходимой температуры.

Проанализировав различные варианты охладителей, я остановился на установке градирни. Ее преимущества перед другими охладителями – относительная дешевизна установки, компактность.

Градирня – это контактный теплообменный аппарат для охлаждения воды направленным потоком атмосферного воздуха.

Основной принцип функционирования градирен состоит в испарении определенного количества воды при ее контакте с воздухом (испарительное охлаждение). Чем больше поверхность контакта воды с воздухом, тем более благоприятны условия теплоотдачи. При испарении температура воды снижается.

Из всех существующих типов градирен, классифицируемых по способу подвода воздуха к воде (башенные, атмосферные, эжекционные, вентиляторные) вентиляторные градирни нашли самое широкое применение благодаря своей компактности, более глубокому охлаждению воды, чем у других типов градирен, меньшей зависимости степени охлаждения от параметров наружного воздуха, возможности регулировки охлаждающей способности.

Вентиляторные градирни применяются на промышленных предприятиях с относительно небольшими расходами воды систем оборотно-

го водоснабжения в случаях, когда площадь для размещения охладительных установок недостаточна или возникает необходимость более глубокого охлаждения воды.

Вентиляторные градирни также принято классифицировать по расположению вентиляторов и по способу образования поверхности контакта воды и воздуха.

По способу образования поверхности контакта воздуха и воды вентиляторные градирни подразделяются на пленочные, капельные и комбинированные. В пленочных градирнях вода стекает в виде тонкой пленки по специальным пластинам. В капельных градирнях поток воды, подаваясь сверху, разбивается на капли с помощью специальных розеток или полок. Устройство для организации пленок и капель в градирнях называется оросителем. Соответственно, он может быть пленочным, капельным или комбинированным.

Нагретая в технологическом процессе вода по магистральным трубопроводам поступает к градирне. Далее она по подводящей трубе 1 поднимается к водораспределительной системе 2, состоящей из коллектора и распределительных труб, на которых закреплены форсунки. Через форсунки вода распыляется на ороситель 7 и стекает по его поверхности. Через входные окна 9 вентилятор 4 всасывает атмосферный воздух, который поднимается вверх по каналам в оросителе и охлаждает воду, стекающую по поверхности оросителя. Охлажденная вода стекает в бассейн 11, а теплый воздух через диффузор вентилятором выводится в атмосферу со скоростью 5–7 м/с. Поток поднимается до 25 м в высоту, таким образом, исключается рециркуляция (вторичное попадание) теплого влажного воздуха во входные окна градирни. Диффузор предназначен для улучшения аэродинамических характеристик воздушного потока на выходе из градирни и защиты лопастей вентилятора градирни от внешних физических воздействий. Поднимающийся воздух уносит с собой мелкие капли влаги. Для того, чтобы снизить потери оборотной воды, в верхней части градирни устанавливается каплеуловитель 3. В градирне с нагнетательным вентилятором скорость выхода воздуха из градирни 1...2 м/с, поэтому для снижения вероятности рециркуляции такие градирни устанавливаются на крыше зданий.

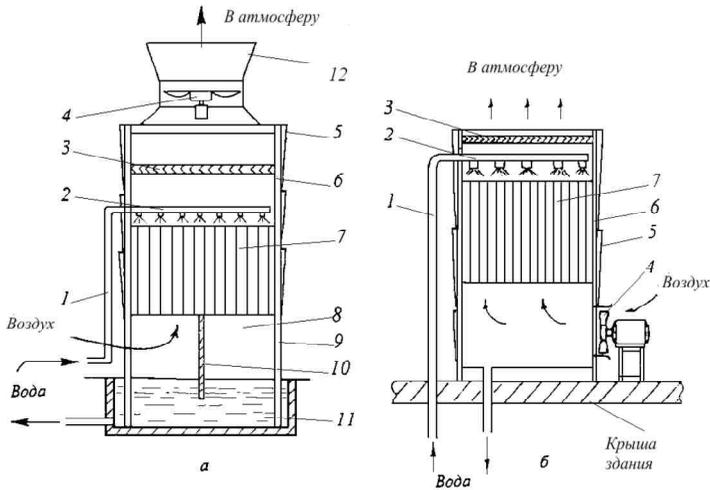


Рис. 1. Схема вентиляторных градирен:

а – градирня с вентилятором, создающим разрежение;

б – градирня с нагнетательным вентилятором

1 – подводящий трубопровод; 2 – водораспределительная система;

3 – каплеуловитель, 4 – вентилятор; 5 – обшивка; 6 – корпус градирни;

7 – ороситель; 8 – воздухораспределительное пространство; 9 – воздухоходные окна; 10 – ветровая перегородка; 11 – бассейн; 12 – диффузор

Благодаря внедрению градирни в деаэрационную установку типа ДА, последняя становится более предпочтительной на фоне более современных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 16860-88. Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля. М.: Изд-во стандартов, 1989.
2. Оликер, И.И. Термическая деаэрация воды в отопительно-производственных котельных и тепловых сетях / И.И. Оликер. Л.: Стройиздат, 1972. 137 с.
3. РД 34.40.101. Руководящие указания по проектированию термических деаэрационных установок питательной воды котлов. Изд-во Энергия, 2014.
4. Пономаренко В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. М.: Энергоатомиздат, 1998. 376 с.
5. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02–84). М.: ВНИИ Водгео, 1989.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ДВИЖУЩИХСЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.А. Махова, А.И. Лежнёв, В.П. Круглов

Научный руководитель – **В.П. Круглов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты экспериментального исследования текущей толщины движущихся резинокордных материалов.

***Ключевые слова:** движущиеся листовые рулонные материалы, толщина, длина, скорость*

RESEARCH OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF DEVICE FOR MEASURING THE THICKNESS OF MOVING SHEET MATERIALS

E.A. Makhova, A.I. Lezhnev, V.P. Kruglov

Scientific Supervisor – **V.P. Kruglov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of an experimental study of the thickness of various cord materials on the TDS device are presented.

***Keywords:** moving sheet roll materials, thickness, length, speed*

До настоящего времени на многих российских шинных заводах измерение толщины обрезиненного корда производится машинистами каландровых агрегатов периодически с помощью ручных толщиномеров.

Отечественными производителями шин предъявляются следующие требования к размерным показателям качества обрезиненных кордов:

количество измерительных каналов (датчиков)	2 или 3;
диапазон измерения толщины полотна	0,5...5 мм;

погрешность измерений толщины полотна	$\pm 0,02$ мм;
диапазон измерения длины полотна в рулоне	0...1000 м;
погрешность измерения длины полотна	$\pm 0,5$ м;
диапазон измерения скорости полотна	0...60 м/мин;
погрешность измерения скорости полотна	$\pm 0,1$ м/мин.

Предварительный анализ данных, полученных в ходе опытных испытаний системы ПТК ТДС, на производственном оборудовании показал, что в реальных стационарных условиях обрезаживания шинных кордов зачастую наблюдаются значительные отклонения толщины выпускаемых полотен как в пределах установленных допусков ($\pm 0,05$ мм), так и с их превышением. Это является следствием влияния множества технологических параметров на процесс обрезаживания шинного корда.

Экспериментальным исследованиям подвергался опытный образец устройства для измерения толщины движущихся листовых материалов по патенту РФ № 2180132 [1]. Лабораторные исследования проводились на образцах обрезаженных кордов, произведенных в промышленных условиях.

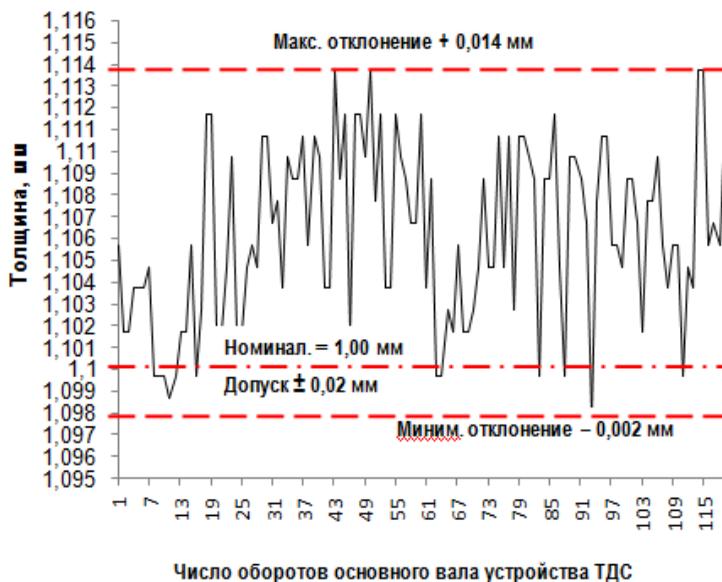


Рис. 1. Измерение толщины образца капронового корда 352КТ в лабораторных условиях

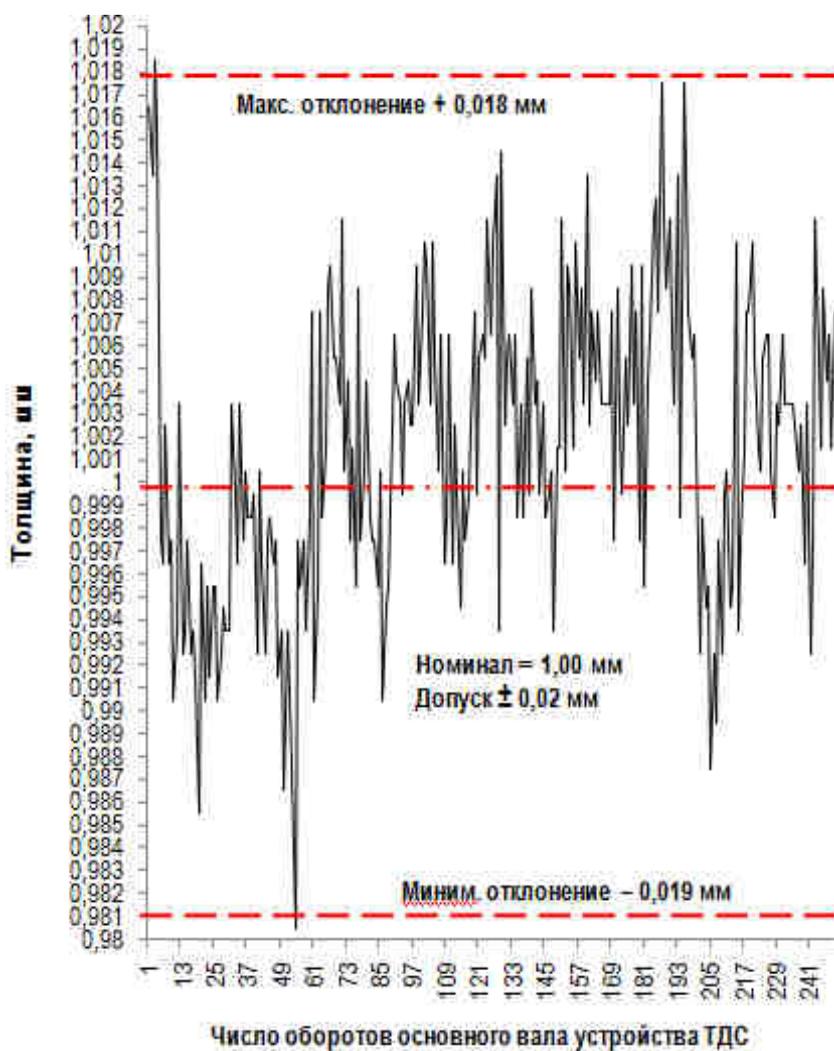


Рис. 2. Измерение толщины образца обрешиненного корда 21КТ

Измерения толщины обрешиненного корда с номинальной толщиной 1,00 мм устройством ТДС, представленные на рис. 2, достаточно хорошо соответствуют измерениям, выполненным ручным толщиномером ТР-10, представленными в табл. 1.

Таблица 1. Определение погрешности измерения для номинальной толщины полотна 1,00 мм

№ измерения	Фактическая толщина полотна, мм	Измеренная толщина полотна, мм	Отклонение толщины полотна, мм
1	1,00	1,013	-0,013
2	0,99	0,978	+0,012
3	1,00	0,981	+0,019
4	1,00	1,018	-0,018
5	1,01	1,07	+0,006

Погрешность измерений толщины полотна составляет $\pm 0,02$ мм.

Оценка результатов измерений толщины движущихся обрезиненных кордных и тканевых полотен, проведенная по критериям сходимости, воспроизводимости и адекватности результатов измерений устройством ТДС дает возможность утверждать, что погрешность измерения данного устройства не превышает $\pm 0,02$ мм.

Положительные результаты от внедрения предлагаемого устройства могут быть получены после проведения комплекса мероприятий по некоторой модернизации измерительных механизмов, а также электронного и программного обеспечения.

Отличительными особенностями разработанного устройства являются: простота изготовления, относительно низкая стоимость и значительная технико-экономическая эффективность его внедрения на действующем производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2180132. Российская Федерация. Устройство для контроля и регулирования толщины движущихся листовых материалов. Оpubл. 27.02.02. Бюл. № 6. 5 с.
2. Исследование работы устройства для измерения толщины, длины и скорости обрезиненного корда в процессе каландрования: Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 1189 с.

УДК 621.9.06 (075)

МОДИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ

В.Д. Удальцов, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлен расчёт машиностроительной детали на прочность и выбор нового сечения для повышения ресурса работы.

Ключевые слова: прочность, сечение, пластмассовая деталь.

MODIFICATION OF THE CONSTRUCTION OF THE MACHINE-BUILDING DETAIL FOR INCREASING STRENGTH

V.D. Udaltsov, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Strength calculation of the engineering detail and choice of a new section for extra resources are presented.

Keywords: strength, cross-section, plastic element.

Расчёт на прочность ведётся по величине фактических максимальных напряжений, возникающих в опасной точке нагруженной конструкции, которые потом сравниваются с допускаемыми напряжениями, при котором материал конструкции может долго работать без разрушения.

Наибольшие нормальные напряжения в опасном сечении не должны превышать допускаемого напряжения. Из этого следует условие прочности

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_x} y_{max} \leq [\sigma]. \quad (1)$$

Расчётная схема поперечного сечения исходного варианта детали представлена на рис. 1.

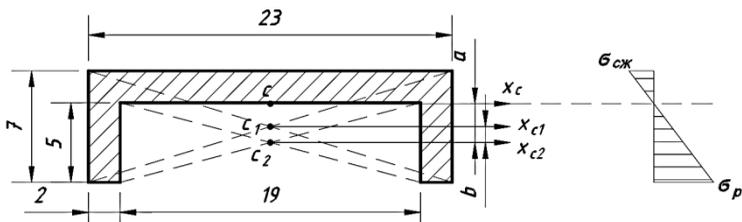


Рис. 1. Расчётная схема поперечного сечения

Рассчитаем моменты инерции относительно центров тяжести C_1 и C_2 для элементов тривиальной формы:

$$I_{xc1} = \frac{23 \cdot 7^3}{12} = 657,42 \text{ мм}^4,$$

$$I_{xc2} = \frac{19 \cdot 5^3}{12} = 197,92 \text{ мм}^4.$$

Найдём момент инерции всего сечения относительно центра тяжести C_2 и выразим через него момент инерции сечения относительно собственного центра тяжести:

$$I'_{xc2} = I_{xc1} + b^2 \cdot A_1 - I_{xc2} = 657,42 + 1^2 \cdot 23 \cdot 7 - 197,92 = 620,5 \text{ мм}^4,$$

$$I_{xc} = I'_{xc2} - a^2 \cdot A_{\Sigma}.$$

Определим статический момент площади, выразим координату аи найдём значение момента инерции сечения:

$$S_x = b \cdot A_1 = 1 \cdot 23 \cdot 7 = 161 \text{ мм}^3,$$

$$a = \frac{S_x}{A_{\Sigma}} = \frac{161}{66} = 2,44 \text{ мм},$$

$$I_{xc} = 620,5 - 2,44^2 \cdot (23 \cdot 7 - 19 \cdot 5) = 227,56 \text{ мм}^4.$$

Так как модифицированная деталь подлежит изготовлению на 3D-принтере, то допускаемые напряжения изгиба принимаем равным допускаемым напряжениям изгиба материала пластика PLA: $[\sigma_{изг}] = 55,3 \text{ МПа}$.

Подставив полученные значения в уравнение (1), можем найти критический момент, при котором происходит разрушение детали:

$$M_{кр} = \frac{I_{xc} \cdot [\sigma]}{y_{max}} = \frac{227,56 \cdot 55,3}{4,94} = 2550 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

$$y_{max} = a + 2,5 = 2,44 + 2,5 = 4,94 \text{ мм}.$$

Составим расчётную схему крепления детали (рис. 2) и вычислим момент в точке разрыва сечения:

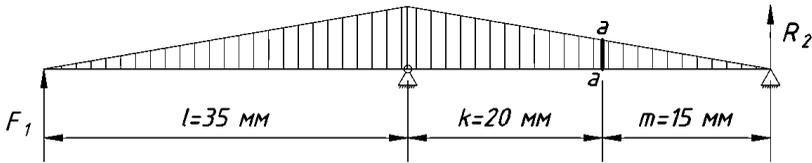


Рис. 2. Расчётная схема крепления

Сила раскрытия F_1 определена эмпирическим путём и составляет 50 Н. Определим момент в сечении а-а, в котором происходит разрушение:

$$M = R_2 \cdot m = 50 \cdot 15 = 750 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Определим напряжения в сечении а-а детали со старым сечением:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{M \cdot y_{\text{max}}}{I_{xc}} = \frac{750 \cdot 4,94}{227,56} = 16,28 \text{ МПа}.$$

Подберём новое сечение и рассчитаем аналогичным методом напряжения. К исходному сечению добавим пару рёбер жесткости с размером поперечного сечения 5x2 мм (рис. 3).

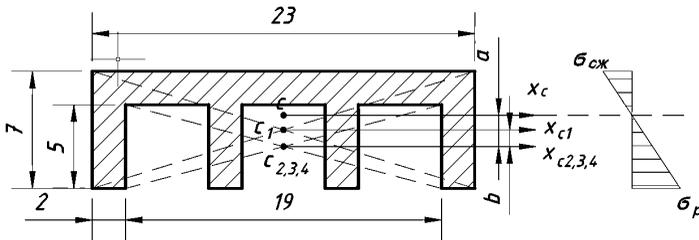


Рис. 3. Расчётная схема модифицированного поперечного сечения

Определим напряжения в сечении детали с новым сечением:

$$\sigma_{\text{нов}} = \frac{750 \cdot 4,37}{358,43} = 9,14 \text{ МПа}.$$

Выразим величину коэффициента запаса прочности K_σ :

$$K_\sigma = \frac{\sigma_{\text{ст}}}{\sigma_{\text{нов}}} = \frac{16,28}{9,14} = 1,78.$$

Таким образом, при модификации поперечного сечения детали, мы получили, что запас по прочности новой детали будет увеличен в 1,78 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольмир А.С. Сопротивление материалов : учебник для вузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев, А.И. Станкевич. М.: Дрофа, 2007. 591 с.

УДК 621.9.06 (075)

РАСЧЁТ ШПИНДЕЛЯ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Д.В. Шпилькин

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод расчёта шпиндельных узлов на виброустойчивость, основанный на сопротивлении материалов.

***Ключевые слова:** шпиндельный узел, прогиб, собственная и вынужденная частоты колебаний.*

THE VIBRATION RESISTANCE ANALYSIS OF THE SPINDEL

D.V. Shpilkin

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper reviews the methods of spindle assembly vibration resistance analysis based on strength of materials.

***Keywords:** spindle assembly, deflection, natural and forced frequency.*

Одно из главных требований, предъявляемых к шпиндельным узлам, – высокие динамические качества (виброустойчивость). Условие вибро-устойчивости заключается в следующем: при любых режимах резания, не должен наступать резонанс, т.е. собственная и вынужденная частоты колебаний шпинделя не должны быть равны. Как правило, собственная частота колебаний больше вынужденной на 20-30%. Собственная частота зависит только от геометрических параметров шпинделя, от его прогибов под действием весов отдельных частей. Вибрации, возникающие в шпиндельном узле, негативно сказываются на точности и чистоте обработки, а также на стойкости инструмента и производительности станка. Для нормальной работы, собственная частота колебаний шпинделя должна быть в диапазоне 500-600Гц.

В качестве исходных данных для решения задачи на виброустойчивость, был выбран шпиндельный узел токарно-револьверного станка 1341и проведён ориентировочный расчёт по среднему диаметру. Формула для приближенного расчета:

$$f_{\text{собств}} = \gamma * \sqrt{\frac{E * I_1}{m * (1 + \lambda)^3 * a^2}}$$

где I_1 - осевой момент инерции на консольной части шпинделя;

E – модуль упругости;

$\lambda = \frac{l}{a}$ – относительное расстояние между опорами; $\gamma = f(\lambda)$ – коэффициент, определяется по графику;

m – масса шпиндельного узла.

Приближённый расчёт ведётся для шпинделей не имеющих больших сосредоточенных масс. В результате вычислений, собственная частота колебаний шпинделя оказалась равна 852 Гц. На практике, такие значения частот не встречаются так как, являясь слишком большими. Теперь, для того чтобы понять выполняется ли условие виброустойчивости, необходимо рассчитать вынужденную частоту колебаний шпинделя:

$$f_{\text{вын}} = \frac{n * D * z}{2 * (D + d)}$$

где n – частота вращения шпинделя; D – диаметр беговой дорожки внутреннего кольца подшипника; z – число тел качения; d – диаметр тел качения.

В результате расчёта, вынужденная частота колебаний шпинделя оказалась равна 388 Гц, это свидетельствует о том, что условие виброустойчивости выполняется, т.е. $f_c > f_b$, более чем на 50%, при необходимых 20-30%.

Для проверки результатов был проведён уточнённый расчёт, который учитывал веса планшайбы, ступеней и зубчатых колёс. Для осуществления данного расчёта необходимо было определить прогибы под всеми рассматриваемыми весами. В качестве метода для определения прогибов, был выбран метод Верещагина, который, является довольно трудоёмким, но также, он довольно прост и при этом, обеспечивает необходимую точность расчётов.

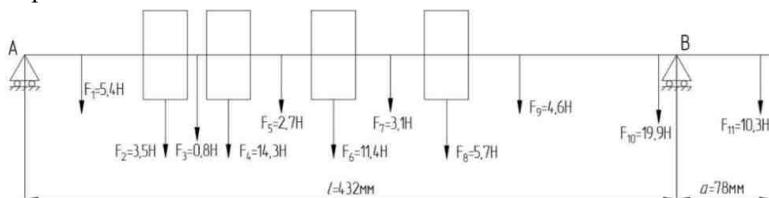


Рис. 1. Расчётная схема шпинделя

Первый шаг при решении задачи на виброустойчивость, это расчёт весов всех составляющих частей шпиндельного узла. Расчёт производился по следующей формуле: $m = V * \rho$, где V – объем отдельной составной части шпиндельного узла; ρ – плотность материала из которого она изготовлена.

Следующий шаг – это перевод весов частей шпиндельного узла в усилия от этих весов, т.е. m (кг) $\rightarrow F$ (Н).

Далее, изобразив расчётную схему шпинделя в вертикальной плоскости и определив реакции опор R_{Ay} и R_{By} , необходимо построить эпюры изгибающего момента M_x и поперечной силы Q_y . Следующим шагом, является построение эпюр изгибающих моментов от единичных сил. Далее необходимо посчитать прогибы под всеми весами (усилиями) при помощи метода Верещагина.

Формула для уточнённого расчёта собственной частоты колебаний шпинделя:

$$f_{\text{собств}} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{g \sum W_i * y_i}{\sum W_i * y_i^2}},$$

где g – ускорение свободного падения;

W_i – веса элементов, на которые разбит шпиндельный узел;

y_i – прогибы в точках приложения сил.

В результате расчёта собственная частота колебаний шпинделя оказалась равна 602 Гц, что является оптимальным значением для данного шпиндельного узла. А также позволяет выполнить условие виброустойчивости, т.е. $f_c > f_b$, более чем на 30%, при необходимых 20-30%.

В итоге мы получаем то, что расчёт, основанный на сопротивлении материалов, является более точным и позволяет получить реальные значения собственных частот колебаний шпинделя, в отличие, от ориентировочного расчёта, чаще всего, дающего не встречающиеся на практике значения частот колебаний шпинделя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.

**ЦИФРОВОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ
КООРДИНАТОГРАФА ДО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СТАНКА С ЧПУ**

В.А. Белавин, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объясняется проведенная работа по модернизации советского координатографа КПА-1200 до трехосевого многоцелевого фрезерного станка с ЧПУ. Рассматривается методика построения цифрового прототипа в SolidWorks 2018.

Ключевые слова: Цифровой прототип, 3D-модель, SolidWorks 2018.

**DIGITAL PROTOTYPING IN THE DESIGN
AND MODERNIZATION OF COORDINATOGRAPH
TO A MULTI-PURPOSE CNC MACHINE**

V.A. Belavin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The work carried out on the modernization of the Soviet coordinator KPA-1200 to a three-axis multi-purpose CNC milling machine is presented. The technique of building a digital prototype in SolidWorks 2018 is considered.

Keywords: Digital prototype, 3D model, SolidWorks 2018.

В работе поставлена задача: разработка цифрового прототипа координатографа КПА-1200 для последующей его модернизации до фрезерного станка с ЧПУ «АйТиТехмаш-1», выполняемая с целью решения проблем при сборке, установке и компоновке докупленных составляю-

щих станка и последующего анализа и решения задач в плане прочностного расчета и оценки возможностей станка.

3D-модель создана при помощи изученной CAD SolidWorks 2018 (рис. 1). В сборке корпуса станка используются все виды привязок, от «Совпадения» до «Шарнир». Благодаря большому количеству вариантов сопряжений сборка выполнена таким образом, чтобы анимировать перемещения, которые выполняются на станке при обработке.

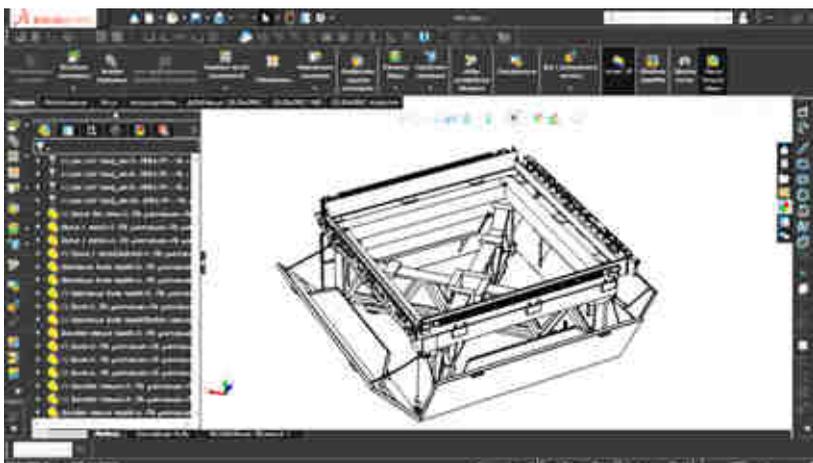


Рис. 1. Интерфейс программы SolidWorks 2018 при работе со сборкой и дерево модели

В основе «АйТиТехмаш-1» лежит координатограф с системой программного управления КПА-1200 з-да "Машприбор", имевший лишь две оси перемещения. Координатограф был дооснащен вертикальной осью Z (рис. 2). Поскольку его система ЧПУ устарела, ее заменили микросхемами, называемыми драйверами шагового двигателя и контроллерами, переводящими сигнал ПК в импульсы (рис. 3). Смонтирован контур охлаждения шпинделя в виде контейнера с охлаждающей жидкостью и погружного насоса с системой шлангов для подачи жидкости внутрь шпинделя. Оси переоснащены шаговыми двигателями Nema 42 и Nema 23 (рис. 4). Все комплектующие приобретены кафедральным МИП АйТиТехмаш.

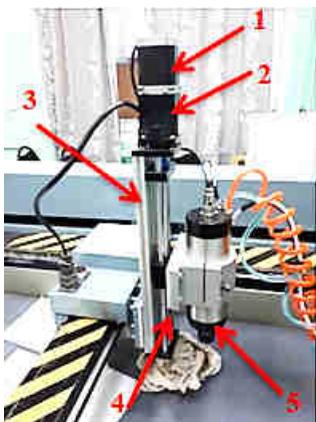


Рис. 2. Докупленная ось Z:

- 1) шаговый двигатель Nema 23, 2) редуктор с передаточным числом 1:10, 3) ШВП с передаточным числом 1:5, 4) скоба крепления шпинделя, 5) шпиндель мощностью 2.2 кВт



Рис. 3. Изменения содержимого шкафа управления:

- 1) исходная печатная плата, 2) драйвер шагового двигателя ТВ6600, 3) контроллер сигнала СЧПУ Mach3

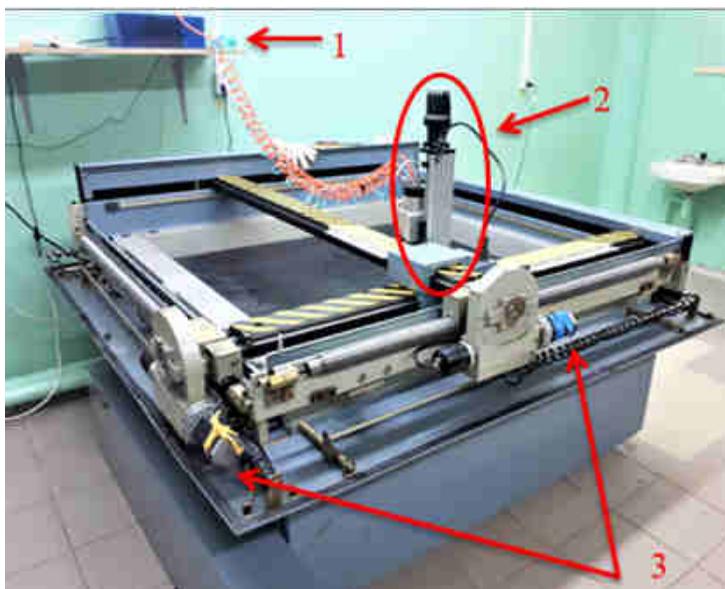


Рис. 4. Измененные детали:

- 1) контейнер с охлаждающей жидкостью, 2) ось Z,
- 3) шаговые двигателя Nema 42

Результатом работы стала цифровая 3D-модель станка. Основной целью модернизации является обеспечение кафедры КИТМС функционирующим оборудованием для выполнения лабораторных работ по нескольким дисциплинам бакалавриата и магистратуры направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударева Н.Ю. Самоучитель SolidWorks 2010 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
2. Dassault System. 3D Design&Engineering Software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.3ds.com>
3. Mach3. Newfangled Solutions CNC Software Home of Mach3 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.machsupport.com>

ОБЗОР ФИЛЬТРОВ СЕТЧАТЫХ ЖИДКОСТНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ, ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМОЙ САМООЧИСТКИ

А.Ю. Волевач, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих сетчатых фильтров, которые используются в различных промышленных отраслях в качестве очистителей рабочего вещества от различных типов загрязнений.

Ключевые слова: сетчатый фильтр, система самоочистки фильтров, гидротурбина.

OVERVIEW OF FILTERS OF NET FLUID DRAINAGE EQUIPPED WITH A SELF-CLEANING SYSTEM

A.Yu. Volevach, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – **Yu.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The existing strainers which are used in various industrial sectors as a cleaning agent of the working substance from various types of pollution are analyzed.

Keywords: screen filter, self-cleaning filter system, water turbine.

Сетчатые фильтры широко используются в различных промышленных отраслях в качестве очистителей рабочего вещества от различных типов загрязнений (грязи, песка, ржавчины и т.п.). Как правило, такие фильтры устанавливаются непосредственно перед насосными установками. Основное назначение фильтров - удаление из потока фильтруемой жидкости механических примесей.

К особенностям работы сетчатых фильтров можно отнести необходимость периодической чистки сетчатой поверхности. Поэтому при использовании таких фильтров в непрерывных процессах, как правило, устанавли-

вают параллельно два фильтра: основной и резервный. Альтернативой данному решению является использование фильтров с системой самоочистки, что должно вести к уменьшению материалоемкости, сокращению затрат на обслуживание.

Автоматическая промывка фильтра сетчатого осуществляется полностью без участия человека. Это возможно за счет установки блока управления, датчика перепадов давления и управляющих клапанов. При достижении перепада давлений 0,08–0,1 МПа генерируется управляющий сигнал, поступающий на исполнительный элемент и запускающий промывку. Промывка продолжается пока перепад давления на фильтре не снизится до определенного значения, из практики ориентировочно до 0,05 МПа.

Рассмотрим наиболее известные варианты таких устройств.

Фильтр с системой вакуумной очистки. Схема фильтра представлена на рис. 1. Очистка фильтрующей сетки осуществляется с помощью вакуумного сканера, который вращается по спирали, удаляя фильтровальный пирог с сетки и выбрасывая его через промывочный клапан.

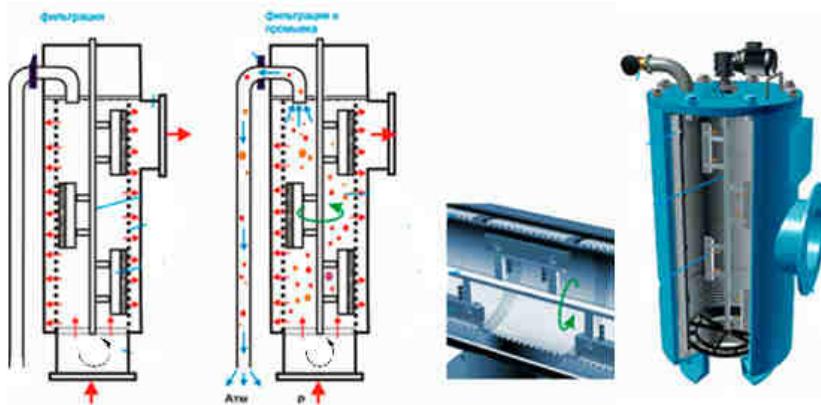


Рис. 1. Фильтр с системой вакуумной очистки

Фильтр с системой очистки поверхности сетки с помощью щеток рис. 2. Механические щетки, размещенные внутри фильтрующего стакана, при поступлении управляющего сигнала начинают вращаться и очищают рабочую поверхность. Осадок удаляется через дренажную систему.

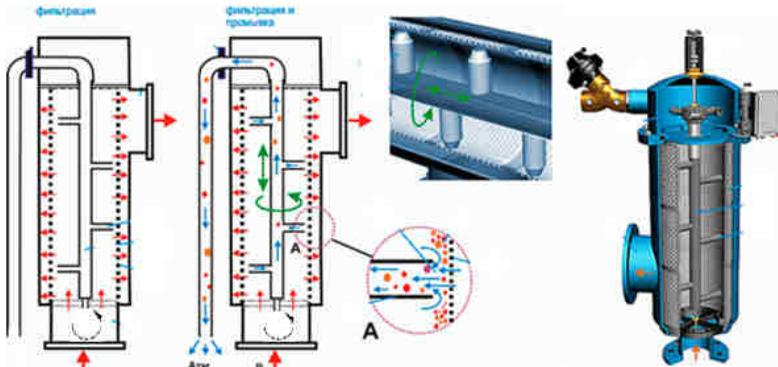


Рис. 2. Фильтр с системой очистки поверхности сетки

У каждого из рассмотренных вариантов есть свои преимущества и недостатки. Оба варианта требуют дополнительных приводов механизмов очистки, причем для варианта с вакуумной очисткой привод должен в себе сочетать как вращательное, так и поступательное движение. Этот факт ограничивает использование подобных устройств.

В связи с этим интересным является использование гидротурбины в качестве привода вала системы очистки. Гидротурбина приводится в движение за счет перепада давления при открытии клапана на дренажной линии, и останавливается при закрытии данного клапана. Такое решение не требует использования электроэнергии для привода вала, отличается компактностью и малой металлоемкостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплотехнологические комплексы и безотходные системы: учеб.-метод. пособ. к курс. пр. / Д.И. Пащенко. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. 64 с.
2. Вся правда о фильтрах-грязевиках. Часть 1. Виды сетчатых фильтров [Электронный ресурс]. URL: https://www.e1.ru/articles/santech/page_1/012/451/article_12451.html/ Дата обращения: 12.03.2019.
3. Самопромывные (самоочищающиеся) фильтры [Электронный ресурс]. URL: http://intech-gmbh.ru/self-cleaning_filters/ Дата обращения: 24.02.2019.
4. Сетчатые фильтры для грубой и тонкой очистки воды [Электронный ресурс]. URL: <https://byreniepro.ru/filtry-dlya-ochistky/setchatye.html/> Дата обращения: 24.02.2019.

УКРЕПЛЕНИЕ ФЛАНЦА, ПРИВАРЕННОГО К КРЫШКЕ АППАРАТА, С ПОМОЩЬЮ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ

И.Б. Петреев, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих способов крепления электродвигателей, выявлены достоинства и недостатки существующих креплений, представлен новый способ укрепления фланцевого крепления электродвигателя методом добавления ребер жесткости.

Ключевые слова: вибрация, фланцевое соединение, ребра жесткости.

FLANGE STRENGTHENING PRIVATED TO THE CAP WITH THE HELP OF A HARDENING RIB

I.B. Petreev, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – **Yu.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The existing methods of fastening of electric motors are analyzed, the advantages and disadvantages of existing fasteners are revealed, a new way to strengthen the mounting of the electric motor by adding stiffeners is presented.

Keywords: vibration, flange connection, stiffening rib.

Аппараты с механическими перемешивающими устройствами достаточно широко распространены в промышленности. Основными элементами такого оборудования являются емкость и перемешивающее устройство с приводом. В большинстве своем, перемешивающее устройство устанавливается на верхнее днище емкости. Это место соединения является достаточно ответственным узлом, так как со стороны привода на аппарат передаются статические, и динамические нагрузки, вызывающие вибрации оборудования. С другой стороны, производители оборудования стараются уменьшить материалоемкость изделий с целью уменьшения их стоимости, массы, габаритов.

Авторами данной работы рассмотрен вопрос оптимизации фланца установки привода на аппарат. В качестве целевой функции выбрана функция массы элементов укрепления фланца, а в качестве ограничения допустимая деформация (угол поворота) фланца штуцера привода под действием нагрузок. Максимально допустимый угол поворота фланца принят на основе рекомендаций производителей приводов перемешивающих устройств – $0,05^\circ$.

В качестве управляющих параметров были приняты: радиус укрепляющего кольца, количество ребер, длина ребер. В качестве нагрузок, передаваемых со стороны привода на штуцер приняты: крутящий и изгибающий момент, поперечная сила и продольная сила. Трехмерная модель привода представлена на рис. 1.

Расчет величин деформаций выполнен в среде Autodesk Inventor. В табл. 1 приведены значения параметров, укладываемые в наложенные ограничения по углу поворота фланца, также указана масса укрепляемой конструкции. На рис. 2 изображена зависимость между количеством ребер заданной длины и радиусом кольца, удовлетворяющая ограничению по углу поворота.

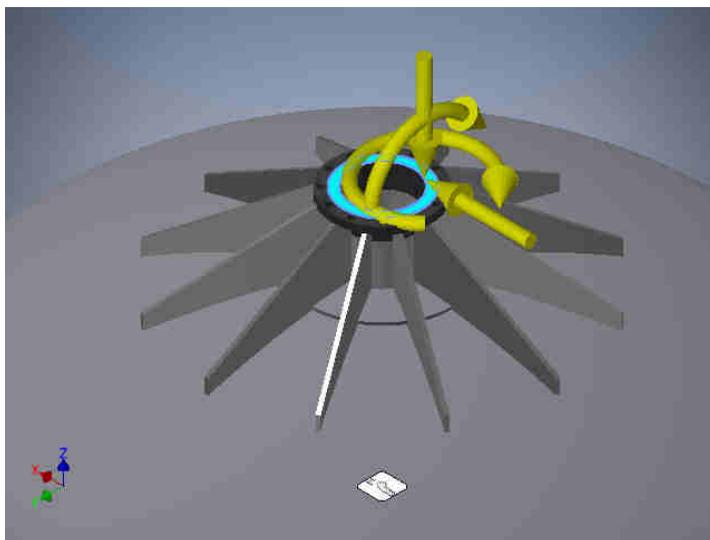


Рис. 1. Расчётная схема, созданная в модели Autodesk Inventor

Таблица 1. Результаты расчёта методом конических элементов с помощью системы Autodesk Inventor

Количество рёбер, шт.	Длина ребра, мм	Радиус укр. кольца, мм	Масса конструкции, кг
3	200	75	22
	250	50	21
4	200	50	24
	230	75	24
	250	25	23
6	200	50	33
	250	0	29
9	200	50	47
	250	0	44
12	200	0	37

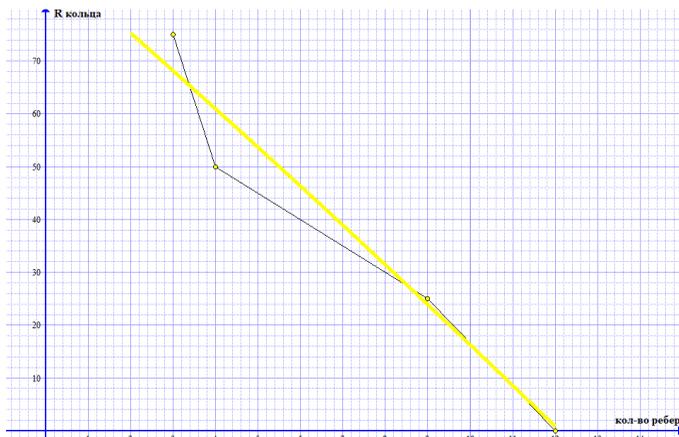


Рис. 2. Зависимость радиуса укрепляющего кольца от количества рёбер

Проанализировав результаты эксперимента, можем сделать вывод, что большую массу в данной конструкции дают рёбра жёсткости, нежели кольцо укрепления, тем самым при укреплении фланца необходимо выбирать минимальное количество рёбер, в нашем случае это три ребра, так как два ребра не дадут фиксации во всех направлениях, поскольку динамические нагрузки носят циркуляционный характер. Укрепление узла только укрепляющим кольцом не дает результата, так как при увеличении его радиуса невозможно добиться желаемого эффекта по допустимому углу поворота фланца. По данным причинам, описанным ранее, в

результате эксперимента оптимальным является вариант: с длиной ребра, равной 250 мм, количеством ребер 3 и радиусом укрепляющего кольца 50 мм.



Рис. 4. Выбранная модель укрепления фланца

Проведенный анализ способов усиления конструкции соединения выявил их главные недостатки и позволил разработать метод укрепления, с помощью добавления ребер жёсткости на боковую поверхность фланца кольца укрепления. Разработана в среде Autodesk Inventor 3D модель узла укрепления и выполнен расчет данного узла от внешних нагрузок. Проведен выбор конструкции, а именно количества ребер и их расположения, с учетом допустимого угла поворота фланца, при минимальной металлоёмкости деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы крепления электродвигателей [Электронный ресурс]. URL: szemo.kz (дата обращения: 13.03.2019).
2. Брагинский Л.Н. Перемешивание в жидких средах.[Текст] / Л.Н. Брагинский В.И. Бегачев, В.М.Барабаш. Л.: Химия, 1984. 336 с.
3. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками [Текст] / Ф. Стренк; пер. с польского под ред. И.А. Шупляка. Л.: Химия, 1975. 384 с.

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ»

УДК:681.51

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB-SIMULINK

С.В. Филиппов, А.В. Локтюшев

Научный руководитель – **А.В. Локтюшев**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение модельно-ориентированного подхода для проектирования управляющих устройств систем безопасности здания. Подход базируется на дискретно-имитационной модели безопасности здания и управляющей логики. Рассмотрено развертывание управляющей логики на микроэлектронных платформах при помощи специальных средств среды MATLAB-SIMULINK. Произведен анализ возможностей, определены перспективы развития проекта и слабые стороны.

Ключевые слова: дискретно-имитационная модель, программирование микроэлектронных платформ, системы безопасности, управляющие устройства, MATLAB, SIMULINK, STATEFLOW.

APPLICATION OF A MODEL-BASED APPROACH TO THE CONTROL DESIGN OF BUILDING SECURITY SYS- TEMS DEVICES IN THE MATLAB-SIMULINK

S.V. Filippov, A.V. Loktyushev

Scientific Supervisor – **A.V. Loktyushev**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The use of a model-based approach for the design of control devices for building security systems is considered. The approach is based on a discrete-imitation model

of building security and control logic. The deployment of control logic on microelectronic platforms using the special tools of the MATLAB-SIMULINK environment is considered. An analysis of opportunities the prospects for the development of the project and weaknesses is identified.

Keywords: *discrete simulation model, programming of microelectronic platform, security systems, control devices, MATLAB, SIMULINK, STATEFLOW.*

Рынок современных систем безопасности достаточно велик и сегментируется на узконаправленные системы, комплексные и интегрированные решения. Во всех перечисленных системах используются управляющие устройства, которые формируют воздействия, согласно прописанной в них логике поведения, зависящей от входных сигналов. Базовая логика работы управляющего устройства для каждого из возможных видов систем безопасности является однотипной. Однако в связи с ростом потребностей в области интегрирования систем безопасности с информационными системами и другими аппаратно-программными комплексами стандартный функционал средств адаптации системы под конкретный объект у серийно выпускаемых контроллеров является недостаточно широким, либо недостаточным, но при этом очень сложным. Изменения базового логического функционала, добавление программных модулей расширения базовой логики практически не возможны у серийно выпускаемых устройств в связи с высокими производственными затратами и применением на производстве устаревших подходов к написанию логики работы для данного рода устройств, а также низкой рентабельности при небольшом количестве требуемых устройств. В связи с этим, решение проблемы быстрого построения и интеграции управляющих устройств требует использование инновационного подхода к проектированию и внедрению. Решение данной проблемы возможно при использовании модельно-ориентированного подхода.

Принципиальное отличие модельно-ориентированного подхода от других возможных вариантов заключается в использовании исполняемых имитационных моделей на всех этапах разработки от формирования требований к системе и до ввода в эксплуатацию. Основой в данном методе является модель объекта и управляющего устройства. Процесс проектирования управляющего устройства включает следующие шаги:

1. формирование требований к будущей системе, определение степени детализации модели объекта, постановка задач управления;
2. моделирование объекта и управляющей логики;
3. быстрое прототипирование управляющего устройства на машинах реального времени;
4. проектирование ПО для быстрого прототипирования на целевой платформе;

5. быстрое прототипирование на целевой платформе;
6. генерация кода производственного качества;
7. SIL-верификация (ПО управляющего устройства в контуре);
8. интеграция ПО на целевую платформу;
9. PIL-верификация – (процессор в контуре);
10. программно-аппаратная интеграция;
11. HIL-верификация (управляющее устройство в контуре);
12. системная интеграция и калибровка.

В рамках научной работы рассматривается проектирование управляющего устройства до этапа быстрого прототипирования на целевой платформе. Применительно к системе безопасности, первоочередным является разработка модели безопасности объекта и модели управляющей логики с последующим тестированием разработанных моделей. После разработки моделей необходимо выполнить адаптацию под целевую платформу с последующей генерацией кода управляющей логики и развертыванием на целевой платформе.

Разработанная дискретно-событийная модель системы [1] структурно представляет собой взаимосвязанную модель управляющей логики с моделью объекта (моделью безопасности здания).

Модель объекта представлена эмуляторами источников сигналов о состоянии угроз, воздействующих на объект (физически это датчики и другие устройств, являющиеся источниками сигналов ИСБ). В качестве источников сигналов используются связанные с переключателями переменные, выполняющие роль датчиков, сигнал с которых подается в качестве входных воздействий в модель управляющей логики. Сигналы в модели объекта имитируются с помощью логических уровней, что на этапе быстрого прототипирования позволяет абстрагироваться от излишней детализации способов взаимодействия с датчиками и исполнительными устройствами, тем самым позволяет ускорить процесс разработки базовых логических модулей.

Основой модели управляющей логики является базовая логика работы подсистем интегрированной системы безопасности – охранно-пожарной сигнализации, системы оповещения и управления эвакуацией, системы контроля и управления доступом, подсистемы интеграции с системой видеонаблюдения здания. Базовая логика при необходимости и при помощи визуальных блоков может быть дополнена необходимыми интеграционными модулями, с помощью которых решается поставленная проблема быстрой и надежной интеграции со сторонними программно-аппаратными платформами.

В качестве целевой платформы для быстрого прототипирования выбрана платформа low-cost сегмента – ArduinoUNO ввиду наличия готового набора инструментов адаптации модели в среде MATLAB-

SIMULINK и низкой себестоимости аппаратной части. Модель объекта (модель безопасности здания) и модель управляющей логики была разработана при помощи инструментов дискретно-событийного моделирования библиотеки SIMULINK-StateFlow.

Наибольший интерес с точки зрения развертывания управляющей логики на целевой платформе представляют готовые пакеты поддержки для целевой платформы. Решения, не поддерживаемые компанией MathWorks, к рассмотрению не принимаем, ввиду отсутствия информации о надежности кода адаптационных блоков. Единственным поддерживаемым решением адаптации для Arduino является пакет Simulink Support Package for Arduino Hardware, который предоставляет полный функционал по развертыванию логики на платформе, библиотеку блоков для настройки и доступа к датчикам, исполнительным механизмам и интерфейсам связи Arduino, а также позволяет в интерактивном режиме отслеживать работу разработанной логики.

Адаптация ранее разработанной модели для целевой платформы производится в несколько этапов, а именно:

1. адаптация компонентов модели, до уровня совместимости с прикладными пакетами (замена/приведение типов переменных, замена запрещенных логических конструкций в управляющем модуле, исключение непрерывных блоков и блоков симуляции модели в реальном времени);

2. замена связей управляющей логики с источниками сигналов и выходами модели объекта, на источники и выходные сигналы целевой платформы при помощи блоков цифрового/аналогового ввода-вывода;

3. настройка сетевого соединения и протокола передачи данных на целевую платформу из среды MATLAB-SIMULINK;

4. соединение целевой платформы с физическими источниками сигналов для верификации разработанной логики.

На основе адаптированной модели управляющего устройства, при помощи инструмента развертывания на целевой платформе (Deploy to Hardware), происходит компиляция кода с последующей загрузкой на платформу.

Предложенный подход позволяет в короткие сроки проектировать и строить высоконадежные управляющие устройства, логически устойчивые к различного рода ложным состояниям. Результатом применения данного подхода является успешная интеграция модели управляющей логики системы безопасности на целевую платформу ArduinoUNO.

Основным недостатком данного подхода является высокий уровень абстракции от «уровня чистого кода», что приводит к завышенному использованию системных ресурсов целевой платформы.

Применение модельно-ориентированного подхода открывает ряд возможностей для интеграции с автоматизированными платформами проектирования инженерных систем и систем безопасности, основанных на ВМ технологии. Применение данного рода интеграции позволит проектировщику создавать и тестировать проектируемую систему в различных критических ситуациях без построения опытных вариантов и в очень короткие сроки на этапе рабочего проекта в ВМсреде, что представляет большой научно-практический интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филиппов С.В.* ПРИМЕНЕНИЕ DES-ПОДХОДА К СИНТЕЗУ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛОГИКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ / С.В. Филиппов, А.В. Локтюшев // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 1189 с.
2. *Engström V.* PLC Integrated Discrete EventSimulation for Production Systems / V. Engström, L. Zhizhong / CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Gothenburg, Sweden, 2017.
3. The MathWorks Inc.: Stateflow® User's Guide (Release 2017b) / MathWorks Inc. U.S.A., 2017.

УДК 681.5

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕНДОВ НА ОСНОВЕ ИТЕРАЦИОННОЙ АППРОКСИМАЦИИ

П.А. Фролов, И.А. Сергеев, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрен разработанный метод определения трендов статистического ряда. Приведен пример применения данного метода к анализу реальных данных.

Ключевые слова: выделения трендов, статистические методы, отказы, надежность.

TREND DETECTION METHOD BASED ON ITERATIVE APPROXIMATION

P.A. Frolov, I.A. Sergeev, Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the developed method for determining trends of statistical series. The example of the application of this method to the analysis of real data is given.

Keywords: trend detection, statistical methods, failure, reliability.

В данной работе рассмотрен разработанный авторами метод по выделению трендов во временном ряду. Этот метод направлен на выявления нестабильных режимов работы технической системы, и поэтому тесно связан с теорией надежности [1].

Состояние любой технической системы характеризуется некоторыми параметрами, которые измеряются в какие-то моменты времени. Данные этих измерений образуют временные ряды. Как правило, система функционирует нормально, пока значения параметров находятся в опре-

деленных пределах. Выделяя тренд, мы тем самым получаем возможность прогнозировать работоспособность технической системы и выявлять те блоки или узлы системы, которые могут оказаться в ближайшее время потенциальными источниками ее отказа [2].

Тренды характеризуют тенденции изменения анализируемого параметра во времени, Знание трендов может способствовать пониманию особенностей работы технологического оборудования [3]. Главным достоинством этого метода является не только выявления наличия тренда (что позволяют многие методы анализа линейного тренда), но и оценку его характеристик, в частности, величины тренда (т.е. угол наклона, который можно найти из уравнения тренда). Применение разработанного алгоритма показало свою эффективность при анализе условий работы технических систем.

Для выделения во временном ряду линейного тренда с определением его начала, конца и угла наклона, был разработан метод, основанный на итерационной аппроксимации участка ряда для оценки направления тренда (угла наклона к оси времени) с последующим прогнозом до его окончания.

Алгоритм работы программы включает в себя несколько этапов. Для анализируемого временного ряда установить параметры поиска тренда. В эти параметры входят два значения: Длина отрезка, по которому строится начальная аппроксимирующая функция для выделения каждого локального тренда, и показатель окончания поиска - доля от среднеквадратичного отклонения, которая необходима для сравнения со средней геометрической погрешностью прогноза по найденному локальному тренду. Следующим этапом происходит обработка данных – алгоритм аппроксимирует на заданную длину временной ряд, после чего при найденных коэффициентах аппроксимации рассчитывается новая аппроксимирующая функция с включением последующих двух точек, т.е. наращивается найденная линейная функция. На основе анализа невязки исходных и расчетных значений точек аппроксимации проверяется условие продления. Если оно выполняется, линия тренда продляется до тех пор, пока условие истинно. В противном случае продление заканчивается и алгоритм повторяется с начала до конца анализируемого временного ряда.

Реализация данного метода проведена в среде Delphi7. На рис. 1 изображен пример обработки реальных статистических данных, полученные с технологического оборудования.

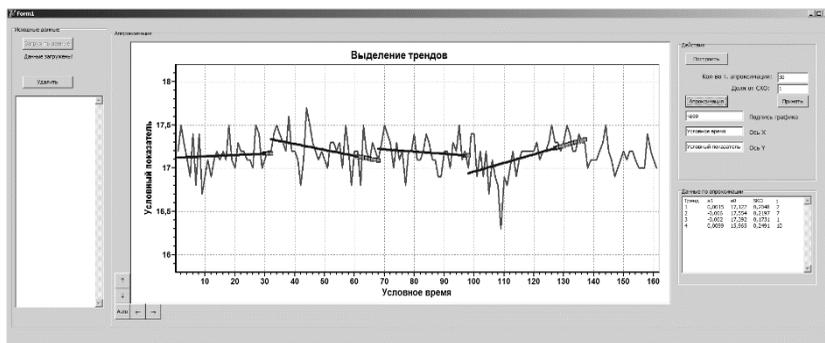


Рис. 1. Пример обработки временного ряда с целью выделения линейных трендов

В целом разработанный алгоритм качественно решает задачу выделения любого количества линейных трендов с определением угла их наклона. Метод успешно применялся для исследований различных промышленных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Байхельт Ф.* Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен. М.: Радио и связь, 1988. 392 с.
2. *Тривоженко Б.Е.* Выделение трендов временных рядов и потоков событий / Б.Е. Тривоженко. Томск: Изд-во Том ун-та, 1989. 286 с.
3. *Васильков Ю.В.* Статистические методы управления предприятием / Ю.В. Васильков, Н.М. Иняц. РИА Стандарты и качество, 2008. 280 с.

УДК 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ ЗАВИСИМОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

П.С. Савенко, С.Е. Савенко, А.Е. Савенко

Научный руководитель – **А.Е. Савенко**, канд. техн. наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет

Рассматривается методика построения карт зависимостей характеристик обменных и синфазных колебаний мощности от параметров автономного электротехнического комплекса. Результаты базируются на применении математической модели и хорошо согласуются с результатами натурных экспериментов.

***Ключевые слова:** дизель-генератор, обменные колебания, синфазные колебания, автономная электростанция, электротехнический комплекс.*

APPLICATION OF CARDS DEPENDENCE OF CHARACTERISTICS OF POWER FLUCTUATIONS FROM PARAMETERS OF THE AUTONOMOUS ELECTROTECHNICAL COMPLEXES

P.S. Savenko, S.E. Savenko A.E. Savenko

Scientific Supervisor – **A.E. Savenko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Maritime Technological University

The technique of constructing cards of dependences of the characteristics of exchange and common-mode power fluctuations on the parameters of an autonomous electrotechnical complex is considered. The results are based on the application of a mathematical model and are in good agreement with the results of full-scale experiments.

***Keywords:** diesel generator, exchange power fluctuations, common-mode power fluctuations, autonomous power station, electrotechnical complex.*

Автономные электротехнические комплексы находят широкое применение в различных отраслях промышленности, транспорта, армии и флота, медицины, геологоразведки и т.д. Чаще всего источниками электрической энергии в таких комплексах являются параллельно работающие дизель-генераторные установки. В процессе эксплуатации и выполнения технологических задач необходимо выполнять все требования по качеству вырабатываемой электроэнергии [1]. Исследования выявили существование обменных и синфазных колебаний мощности в автономных электротехнических комплексах [2]. Выявлены причины возникновения таких колебаний мощности, разработан алгоритм и метод их устранения. В процессе исследований разработана и используется математическая модель автономного электротехнического комплекса [3]. Результаты моделирования хорошо согласуются с результатами проведенных натурных экспериментальных исследований. Все это необходимо инженерам конструкторам при разработке новых систем, а также специалистам, занимающимся периодическим техническим обслуживанием регуляторов частоты вращения дизель-генераторных установок.

Важным и полезным элементом развития полученных результатов для специалистов, эксплуатирующих автономные электротехнические комплексы, будут являться карты зависимостей характеристик колебаний мощности от параметров таких комплексов. Для построения карт зависимостей необходимо внести в математическую модель коэффициенты-характеристики конкретного комплекса и просчитать необходимые показатели качества колебаний мощности во всем диапазоне изменения настроек регуляторов частоты или значений люфта [4, 5]. Результатом таких исследований является таблица, по которой строится карта. В качестве примера в табл. 1 приведены результаты вычислений для построения карты зависимости амплитуды синфазных колебаний мощности одного из двух параллельно работающих дизель-генераторов паром «Ейск» от значений коэффициента усиления регулятора частоты (рис. 1). Шаг изменения параметров выбирается исходя из необходимой точности и наглядности проводимых исследований.

Полученная карта (рис. 1), кроме общей информации, подробно характеризует синфазные колебания мощности при изменении коэффициентов усиления регуляторов частоты для дизель-генераторов 6VD26/20-AL-2 с генераторами S450MG 800кВА и может быть полезна специалистам, которые эксплуатируют и настраивают такие агрегаты. Доказано, что амплитуда обменных колебаний мощности зависит от значений зазора люфта в контурах регулирования частоты вращения дизелей, амплитуда и период синфазных колебаний мощности меняются в зависимости от разницы значений коэффициентов передачи и уставок по частоте вращения регуляторов. Перечисленные в статье параметры не ог-

раничивают весь их перечень. Исследования могут быть продолжены для всего спектра характеристик автономных электротехнических комплексов и показателей качества их работы с построением аналогичных карт.

Таблица 1. Результаты исследований

$K_{\omega 1} / K_{\omega 2}$	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
10	0,01	1,1	1	0,9	0,75	1,1	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25
20	0,95	0,01	1,1	1	1,1	0,85	1,1	1,1	0,8	0,85	0,85
40	0,9	0,85	0,05	0,9	1,05	1,05	1,1	1,25	1,05	1,1	1,05
60	1,1	0,85	1,1	0,05	0,3	0,9	0,7	0,95	1	0,95	1,05
80	0,95	1	0,8	0,2	0,05	0,2	0,9	1,2	0,9	1,2	1,1
100	0,7	0,9	1,2	1	0,25	0,05	0,16	0,8	1,05	0,8	1,25
120	0,55	0,75	1,1	0,9	0,9	0,15	0,06	0,13	1,25	0,8	1,3
140	0,75	1,2	1,1	0,9	0,9	0,22	0,15	0,06	0,13	0,7	1,1
160	1,1	1,2	1,2	0,9	0,9	0,75	0,3	0,12	0,06	0,11	0,65
180	1,1	1,2	1,2	1,05	1,05	0,75	0,7	0,23	0,14	0,06	0,1
200	1,1	1	0,9	1,05	1,1	0,75	0,7	0,6	0,2	0,13	0,07

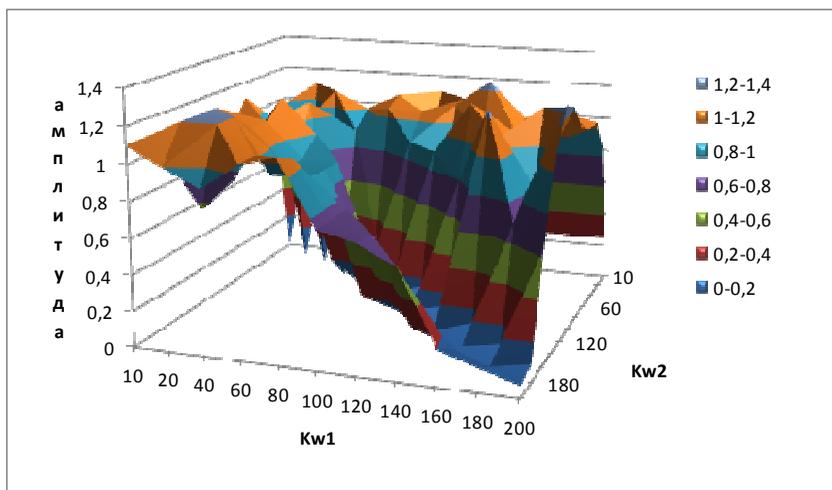


Рис. 1. Карта зависимости амплитуды синфазных колебаний мощности дизель-генератора от значений коэффициента усиления регулятора частоты. $K_{\omega 1}$ и $K_{\omega 2}$ - коэффициенты усиления регулятора первого и второго параллельно работающего дизель-генератора соответственно

Описанная методика построения карт зависимостей характеристик колебаний мощности от параметров автономного электротехнического комплекса является практическим выходом проведенных исследований. Представляется чрезвычайно полезным комплектование автономных электротехнических комплексов такими картами для оптимизации их эксплуатации и повышения качества вырабатываемой электрической энергии. Такие материалы предоставляют возможность как настройки, так и прогнозирования работы электроэнергетических систем. Также может решаться и обратная задача по определению параметров и состояния элементов автономного электротехнического комплекса по показателям качества вырабатываемой электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грачева Е.И.* Исследование вероятностных характеристик систем электропитания / Е.И. Грачева, Р.Р. Садыков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 1-2. С. 95–101.
2. *Савенко А.Е.* Оптимизация работы автономного электротехнического комплекса для повышения качества электроэнергии / А.Е. Савенко, С.Е. Савенко // Труды X Международной конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2018. Новочеркасск, 3–6 октября 2018 г. Новочеркасск, 2018. С. 131-135.
3. *Савенко А.Е.* Влияние люфта на амплитуду обменных колебаний мощности в автономных электротехнических комплексах / А.Е. Савенко, П.С. Савенко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 5-6. С. 46-54.
4. *Голубев А.Н.* Математическая модель для расчета электромагнитных сил в синхронном электроприводе с постоянными магнитами / А.Н. Голубев, В.А. Мартынов, А.В. Алейников // Вестник ИГЭУ. 2015. № 1. С. 10-13.
5. *Тютиков В.В.* Методика синтеза регуляторов для независимого формирования статических и динамических показателей нелинейных объектов / В.В. Тютиков, А.И. Воронин // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 3(164). С. 154-164.

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕНДОВ
В СИЛЬНО ЗАШУМЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ
МЕТОДАМИ СЕРИЙ И ИНВЕРСИЙ**

И.А. Сергеев, П.А. Фролов, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет

***Аннотация.** В работе рассматриваются два основных подхода к выделению трендов во временных рядах: метод серий и метод инверсий. Проведено исследование эффективности выделения трендов на основе сравнительного анализа.*

***Ключевые слова:** тренд, метод серий, метод инверсий, временной ряд, выделение тенденций, аппроксимация.*

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF EXCRETION OF
TRENDS IN STRONGLY NOISY TIME SERIES BY SERIES
AND INVERSIONS METHODS**

I.A. Sergeev, P.A. Frolov, Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor - **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses two main approaches to identifying trends in time series: the series method and the inversion method. A study conducted on the effectiveness of the allocation of trends on the basis of a comparative analysis.

***Keywords:** trend, series method, inversion method, time- series, identifying trends, approximation.*

Введение

Одним из основных источников информации о характере протекающих в системе процессов является анализ временных рядов. В зависимости от того, какая задача стоит перед исследователем, последующий анализ может сводиться к прогнозированию, выделению линейных или циклических трендов, сглаживанию временного ряда, анализу взаимосвя-

зи изменения контролируемых величин. Данная работа направлена на оценку эффективности выделения линейных трендов при сильно зашумленных экспериментальных данных.

1. Анализ трендов, как инструмент исследования

На практике часто приходится сталкиваться с такими ситуациями, когда случайные величины, характеризующие закономерности развития реальных процессов и явлений, изменяются во времени, такие изменения описываются случайными функциями. Как правило, эти функции называются случайными процессами [1].

Всякий случайный процесс описывается некоторыми характеристиками, важнейшими из которых являются: среднее значение, дисперсия, спектр мощности, одномерные и многомерные распределения вероятностей. Для стационарных случайных процессов эти характеристики не зависят от начала отсчета времени. Однако большинство реальных случайных процессов являются нестационарными, т. е. их характеристики меняются с течением времени. Эти изменения могут быть разнообразными – либо сравнительно плавными, либо скачкообразными. Плавные изменения характеристик случайных процессов получили название тренда этих характеристик, и задача выделения таких трендов является одной из основных при обработке временных рядов [2].

Анализ трендов широко применяется в различных сферах деятельности: экономике, торговле, технике, диагностики состояния оборудования, надежности, геологии и других направлениях. И в общем случае не существует "автоматического" способа обнаружения тренда во временном ряду. Однако если тренд является монотонным (устойчиво возрастает или убывает), то анализировать такой ряд обычно нетрудно, но только в тех случаях, когда скорость изменения значений тренда заметно превышает амплитуду случайной составляющей [3].

При анализе случайных данных часто возникают ситуации, когда требуется выяснить, являются ли наблюдения или оценки параметров статистически независимыми или же они подвержены тренду. Особое значение эта задача приобретает при анализе нестационарных данных, т.е. таких, в которых на фоне случайных изменений (в единичных измерениях) необходимо достоверно выделить наличие тенденции (тренд). Поскольку наблюдения или оценка параметров могут иметь самые разнообразные функции распределения, то удобно такие исследования проводить на основе *свободных от распределений* или *непараметрических методов*, в которых относительно функции распределения исследуемых данных не делается никаких предположений. Ярким примером таких методов являются, *критерий серий* и *критерий инверсий*.

2. Анализ эффективности выделения трендов на основе методов серий и инверсий

Методы *серий* и *инверсий* весьма полезны для установления статистической независимости и выявления тренда.

Сущность метода *серий* сводится к следующему: рассматривается последовательность N экспериментальных значений случайной величины x , причем каждое наблюдение может быть отнесено к одному из двух взаимно исключающих классов (например, выше среднего значения или ниже), которые можно обозначить просто как (+) или (-).

Число серий (последовательность данных одного знака «+» или «-»), появившихся в последовательности наблюдений, позволяет с заданной вероятностью выяснить, являются ли отдельные результаты независимыми наблюдениями одной и той же случайной величины или нет, что проверяется по соответствующему критерию, задаваемому с заданной вероятностью. Если последовательность N наблюдений состоит из независимых исходов одной и той же случайной величины, т. е. если вероятность отдельных исходов ((+) или (-)) не меняется от наблюдения к наблюдению, то выборочное распределение числа серий в последовательности является случайной величиной r и линейного тренда нет. Этот вывод делается по сравнению расчетного значения критерия r с табличным.

В методе *инверсий* вычисляется сколько раз во временном ряду x имеют место неравенства $x_j > x_i$ при $j < i$, которое называется инверсией и обозначается как A_i . Далее подсчитывается общее число инверсий по формуле

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n.$$

Если последовательность из N наблюдений состоит из независимых исходов одной и той же случайной величины, то число инверсий является случайной величиной, что также оценивается по специальному статистическому критерию.

В ходе выполнения работы, был проведен сравнительный анализ, эффективности выделения трендов выше описанных методов. В анализ входили следующие исследования: анализ эффективности выделения трендов без вычета ширины окна; выделения трендов без учета и с учетом сглаживания; выделения трендов при разной ширине окна; выделения трендов при разных коэффициентах корреляции; выделения трендов при разном уровне значимости. Ниже представлено несколько рисунков, которые иллюстрируют часть исследования.

Для построения данных графиков было обработано большое количество статистической информации, после чего сравнительный анализ показал, что критерий *инверсий* оказался более мощным по сравнению с критерием *серий* при обнаружении монотонного тренда в последовательности наблюдений.

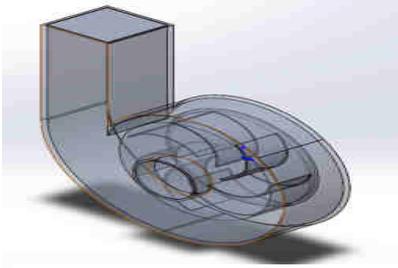


Рис. 1. График эффективности выделения тренда без сглаживания для метода инверсий

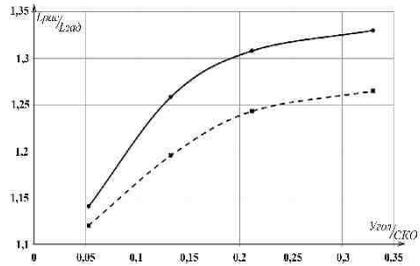


Рис. 2. График обнаружения тренда при коэффициенте корреляции 0,95 (сплошная линия относится к методу инверсий, пунктирная - к методу серий)

Несмотря на то, что критерий *инверсий* показал достаточно хороший результат. У обоих методов имеется ряд недостатков: к ним следует отнести то, что достаточно трудно однозначно определить тип тренда – возрастающий или убывающий. И кроме того, нет надежных подходов к определению начала и конца тренда. Как показывает детальный анализ применения таких методов, часто бывает отрицательный вариант анализа («тренда нет»), когда анализируемый отрезок ряда, в котором пытаются выделить тренд, немного больше искомого тренда. Это важно во всех случаях, когда тренд ищется не на всем отрезке ряда, а только на части. Особенно это актуально, когда в одном ряду могут оказаться несколько возрастающих и убывающих трендов.

Вывод

Для определения параметров тренда методы *серий* и *инверсий* не справляются с поставленной задачей и поэтому, требуется разработка специализированного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кильдищев Г.С. Анализ временных рядов и прогнозирование: Математическая статистика для экономистов / Г.С. Кильдищев, А.А. Френкель. М.: Изд-во Статистика, 1973. 105 с.
2. Тривоженко. Б.Е. Выделение трендов временных рядов и потоков событий. / Б.Е. Тривоженко. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989. 289 с.
3. Краснова А.И. Теория информационных процессов и систем [Электронный ресурс]: Методические указания / А.И. Краснова. СПб.: СПбГИЭУ, 2008. 36 с. СПбГИЭУ [сайт]. Режим доступа: <https://mydocx.ru/9-80843.html>

ДЕКОМПОЗИЦИЯ БЛОКА РЕКТИФИКАЦИИ УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

П.С. Яичкова, Г.Г. Вилков

Научный руководитель – **Г.Г. Вилков**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В работе решена задача оптимальной декомпозиции четырехколонной ректификационной системы и получены условия ее оптимального функционирования. Результаты декомпозиции–концентрации компонентов в выходных потоках, не заданные регламентом, необходимы для управления каждой ректификационной колонной в отдельности.

Ключевые слова: ректификационная система, декомпозиционный метод, информационный критерий относительной организованности.

DECOMPOSITION OF THE RECTIFICATION MODULE OF ISOMERISATION PLANT

P.S. Yaichkova, G.G. Vilkov

Scientific Supervisor – **G.G. Vilkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The problem of optimal decomposition of a four-column distillation system is solved and conditions for its optimal functioning are obtained. The results of the decomposition–concentration of components in the output streams, aren't specified by the regulations, are necessary for managing each distillation column separately.

Keywords: rectification system, decomposition method, information criterion of separating ability.

Оптимизация ректификационной системы представляет собой непростую проблему из-за сложности математических моделей процесса ректификации и высокой размерности вектора управлений. Поэтому полезно применение декомпозиционных методов оптимального управления. Декомпозиция – разбиение сложной задачи на ряд более простых

подзадач с гарантией совпадения результатов расчета до декомпозиции и после нее. Способ разбиения зависит от конкретной постановки задачи. При оптимизации ректификационных систем эффективным является способ разбиения на отдельные ректификационные колонны, которые рассматриваются как подсистемы [1].

Декомпозиционный метод применен для оптимального управления блоком ректификации одной из типовых установок изомеризации, структурная схема которого приведена на рис. 1. Сырьем является многокомпонентная смесь углеводородов, которая при решении задачи декомпозиции приведена к пятикомпонентной: $i=1$ – сумма бутанов, 2 – изопентан, 3 – нормальный пентан, 4 – изогексан, 5 – сумма нормального гексана и гептана. Блок ректификации предназначен для получения изопентановой, пентановой и изогексановой товарных фракций регламентного качества.

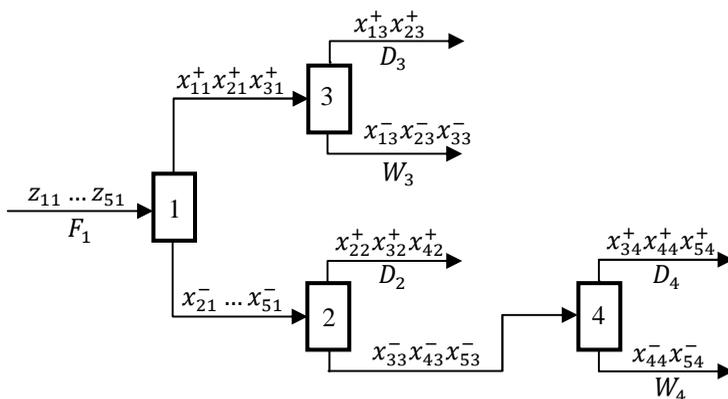


Рис. 1. Структурная схема блока ректификации

Задача оптимального управления заключается в следующем: необходимо найти такие значения управлений, которые позволяли бы получить товарные фракции регламентного качества при минимально необходимых для этого энергетических затратах.

В рамках используемого декомпозиционного метода эффективность работы блока оценивается информационным критерием относительной организованности [2]

$$\eta = \frac{1}{F_1 \sum_{i=1}^5 z_{i1} \ln z_{i1}} \left[F_1 \sum_{i=1}^5 z_{i1} \ln z_{i1} - D_2 \sum_{i=2}^4 x_{i2}^+ \ln x_{i2}^+ - D_3 \sum_{i=1}^2 x_{i3}^+ \ln x_{i3}^+ - D_4 \sum_{i=3}^5 x_{i4}^+ \ln x_{i4}^+ - W_3 \sum_{i=1}^3 x_{i3}^- \ln x_{i3}^- - W_4 \sum_{i=4}^5 x_{i4}^- \ln x_{i4}^- \right], \quad (1)$$

где F_1 , D_j , W_j – мольные расходы сырья, дистиллята и кубового продукта j -й колонны, z_{i1} , x_{ij}^+ , x_{ij}^- – относительные мольные концентрации i -го компонента в сырье, дистилляте и кубовом продукте j -й колонны.

Физический смысл критерия η заключается в следующем: он показывает, насколько уменьшается неупорядоченность выходных потоков установки по сравнению с неупорядоченностью сырья при подведении к ней энергии и неизменном количестве капитальных затрат.

Ректификационная колонна имеет три управления: расход дистиллята D (кубового продукта W), номер тарелки питания и расход орошения.

Первые два управления относятся к интенсивным ($U^{\text{инт}}$), изменяя которые можно повысить разделительную способность при относительно неизменных энергетических затратах.

Расход орошения принадлежит к числу экстенсивных управлений ($U^{\text{экс}}$), при изменении которых можно повысить разделительную способность колонны только за счет увеличения энергетических затрат.

Очевидно, что экстенсивные управления необходимо использовать только в том случае, когда исчерпаны возможности интенсивных управлений. Поэтому задача декомпозиции сводится к минимаксной задаче, когда критерий (1) должен быть максимизирован по интенсивным управлениям и минимизирован по экстенсивным. Постановка задачи декомпозиции записывается в следующем виде:

$$\min_{U^{\text{экс}}} \max_{U^{\text{инт}}} \eta(X, U^{\text{инт}}, U^{\text{экс}}) \quad (2)$$

при выполнении ограничений $\Psi(X, U^{\text{инт}}, U^{\text{экс}}) \leq 0$ и связях $\varphi(X, U^{\text{инт}}, U^{\text{экс}}) = 0$ [3]. Здесь X – координаты объекта оптимизации; Ψ – ограничения на качество получаемых товарных фракций; φ – уравнения баланса массы и энергии. В такой постановке критерий (1) является оценкой энергетических затрат на разделение.

Характер решения задачи декомпозиции зависит от числа степеней свободы системы N_0 , которое определяется как разность между количеством свободных параметров и независимых уравнений, составленных на основе покомпонентных материальных балансов [2]. При допущении о четком разделении (количество компонентов, одновременно распределяющихся между дистиллятом и кубовым продуктом каждой колонны, не

более двух) для рассматриваемой системы число степеней свободы равно $N_0 = 5$.

Максимизация критерия (1) по интенсивным управлениям D или W для каждой колонны позволяет получить условия оптимальности $D_1 = F_1(z_{11} + z_{21})$; $D_2 = F_1 z_{31}$; $W_3 = F_1 z_{21}$; $W_4 = F_1 z_{51}$. (4)

Использование условий оптимальности (4) уменьшает число степеней свободы системы до 1.

Примем в качестве независимой переменной x_{13}^+ –концентрацию, которая не задана при постановке задачи декомпозиции и должна определяться из решения задачи (2). Это экстенсивное управление, так как оно однозначно определяется расходом орошения колонны 3. В результате минимизации критерия (1) по x_{13}^+ получено необходимое условие оптимальности:

$$\frac{x_{13}^+ x_{22}^+ x_{33}^- x_{44}^- x_{54}^+}{x_{13}^- x_{23}^+ x_{34}^+ x_{42}^+ x_{54}^-} = 1. \quad (5)$$

Анализ второй производной критерия (1) по x_{13}^+ показывает, что условие оптимальности (5) является не только необходимым, но и достаточным условием минимума критерия (1) по экстенсивному управлению.

С получением условия оптимальности (5) число степеней свободы N_0 становится равным 0. Это значит, что решение системы алгебраических уравнений, состоящей из уравнений материального баланса колонн и условий оптимальности (4) и (5), позволяет рассчитать оптимальные значения концентраций компонентов в выходных потоках, не заданных технологическим регламентом. Результаты решения задачи декомпозиции приведены в табл. 1.

Таблица 1. Составы потоков блока ректификации

i	z_{i1}	x_{i1}^+	x_{i1}^-	x_{i2}^+	x_{i2}^-	x_{i3}^+	x_{i3}^-	x_{i4}^+	x_{i4}^-
1	0.100	0.333	-	-	-	0.969	0.015	-	-
2	0.200	0.644	0.010	0.023	-	0.031	0.950	-	-
3	0.300	0.023	0.419	0.950	0.020	-	0.035	0.032	-
4	0.250	-	0.357	0.027	0.605	-	-	0.950	0.029
5	0.150	-	0.214	-	0.375	-	-	0.018	0.971

Эти результаты будут использованы для оптимального управления отдельными ректификационными колоннами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Майков В.П.* Термозкономическое оптимальное проектирование многоколонных ректификационных установок / В.П. Майков, Г.Г. Вилков, А.В. Гальцов // Химия и технология топлив и масел. 1971. № 6. С. 19-26.
2. *Балунов А.И.* Энтропия и информация в теории ректификации / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2003. Т. 46. № 9. С. 54-67.
3. *Вилков Г.Г.* Проектирование и управление разделительными химико-технологическими системами // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 11. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. С. 183-192.
4. *Балунов А.И.* Оптимальный отбор продуктов в процессе ректификации. Энтропийно-информационный анализ / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. № 4. С. 97-106.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМАХ “УМНЫЙ ДОМ”

Х.Х. Азамов, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена задача выявления предпочтений людей в системах “Умный дом”. Для организации интерактивного обмена информацией было разработано мобильное приложение в системе Android. Для автоматического получения информации о предпочтениях человека использовалась технология “Умная одежда” и обработка данных с помощью искусственной нейронной сети.

***Ключевые слова:** Умный дом, предпочтения человека, Умная одежда, нейронная сеть, MATLAB*

HUMAN PREFERENCES DEFINITION FOR “SMART HOUSE” SYSTEMS

H.H. Azamov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper considered the problem of identifying people's preferences for “Smart House systems”. For the organization of interactive information exchange, a mobile application by Android system was used. So as the “Smart clothes” technology and data processing with an artificial neural network were used.

***Keywords:** smart house, human preferences, smart clothes, neural network, MATLAB.*

Выявление предпочтений людей и правильная реакция на их действия является актуальной задачей, стоящей перед интеллектуальными системами управления (ИСУ) “Умным домом” или “Интеллектуальным зданием”. Возможность выявления предпочтений людей сильно зависит от возможностей обмена информацией между человеком и ИСУ. Авторами рассматривались следующие варианты организации обмена информацией: получение информации о предпочтениях в результате интерактивного обмена информацией и автоматическое получение информации о параметрах состояния человека.

В первом варианте информация о предпочтениях человека может быть получена от самого человека через специальное мобильное приложение для смартфона или планшета, или посредством комнатных мониторов или панелей управления, выпускаемых сегодня в широком ассортименте различными фирмами. В этом случае человек может передавать информацию о своих предпочтениях, например об уровне теплового комфорта, с помощью параметра PMV, значения которого представлены в табл. 1 [1].

Таблица 1. Значения параметра PMV

PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
Ощущение	Холодно	Прохладно	Слегка прохладно	Комфортно	Слегка тепло	Тепло	Жарко

Авторами было разработано мобильное приложение для системы Android, позволяющее человеку передать информацию об уровне теплового комфорта. Вид экрана мобильного устройства в режиме ввода значения параметра PMV показан на рис. 1.

Введенные значения PMV, вместе с данными о пользователе и помещении в котором он находится, передаются на сервер, где они могут быть использованы для анализа и управления микроклиматом. Обмен данными между мобильным приложением и сервером осуществляется с помощью специально организованного web-сервиса по протоколу SOAP. При этом для регулярного получения информации ИСУ может периодически, ненавязчиво посылать сообщения пользователям на мобильные устройства или на экраны комнатных мониторов. Кроме данных об уровне теплового комфорта пользователь может сообщать ИСУ любую экстренную информацию, например, об ухудшении своего самочувствия.

Такой вариант организации диалога между пользователем и ИСУ может найти наиболее широкое использование.

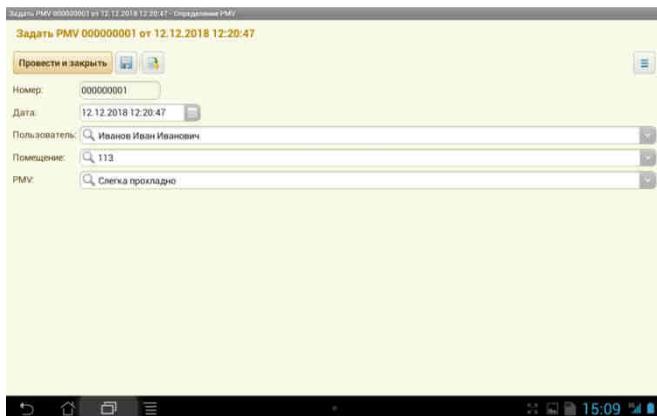


Рис. 1. Вид экрана приложения **Определение комфорта**

Во втором варианте предпочтения человека определяются автоматически на основе информации о параметрах состояния человека, таких как температура одежды (тела), пульс, положение тела и других, от носимых устройств (фитнес-браслеты, “Умные часы”) или с помощью “Умной одежды” (Smart Clothes). Предлагаемая авторами система сбора информации о параметрах состояния человека состоит из интеллектуального устройства, встраиваемого в одежду человека, и приемников информации. Интеллектуальное устройство включает в себя компактный микропроцессорный модуль Adafruit Flora, специально спроектированный для использования в “Умной одежде” (рис. 2). К нему с помощью тонких и эластичных проводов (нитей) подключены модуль беспроводной передачи данных и датчики температуры и пульса для определения параметров состояния тела человека. Для измерения температуры одежды используются миниатюрные, электронные датчики температуры с погрешностью не более 0,1 %.

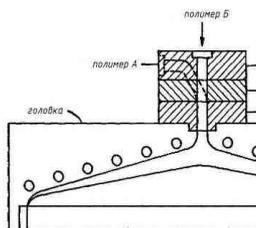


Рис. 2. Контроллер

Измеренная температура будет зависеть от теплопроводности материала одежды, от того, насколько близко одежда прилегает к телу человека, от того, находится ли человек в состоянии покоя или в движении. Измерения пульса основано на том, что сосуды, наполняясь кровью,

меняют свою оптическую плотность, что влияет на изменение количества отражённого света.

Информация о параметрах состояния человека может использоваться для определения его уровня комфортности. В частности авторы использовали данные о параметрах микроклимата помещения, температуре одежды и пульсе пользователей для определения PMV с помощью искусственной нейронной сети (ИНС).

Для создания и тренировки ИНС использовался Neural Network Toolbox пакета программ MATLAB. Для решения задачи расчета PMV были выбраны многослойные прямонаправленные ИНС с обучением по алгоритму обратного распространения ошибки. Для “скрытых” нейронов принималась активационная функция вида гиперболический тангенс, для нейронов выходного слоя – линейная активационная функция. На вход сети подавались: температура в помещении, относительная влажность в помещении, температура одежды, пульс, параметр, характеризующий вид выполняемой работы (сон, отдых, легкая работа, работа средней тяжести, тяжелая работа), параметр, характеризующий вид одежды (легкая летняя, деловой костюм, демисезонная, зимняя обычная, зимняя утепленная).

Вид созданной ИНС, с пятью входами, одним “скрытым” слоем и с десятью нейронами в “скрытом” слое приведен на рис. 3. Графики изменения ошибки в процессе тренировки, тестирования и проверки ИНС показаны на рис. 4.

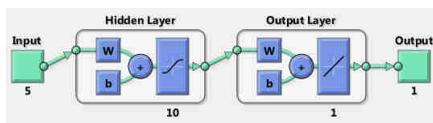


Рис. 3. Вид ИНС в приложении nntool

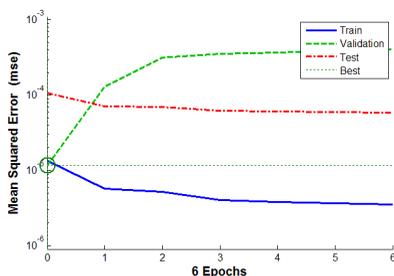


Рис. 4. Графики изменения ошибки

Данный вариант обмена информацией может применяться для отдельных категорий пользователей: спортсменов, больных в лечебных учреждениях, работников, использующих спецодежду и других. Полученная информация о предпочтениях человека может быть использована ИСУ для управления микроклиматом зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кувшинов Ю.Я.* Основы обеспечения микроклимата зданий. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. 200 с.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ “УМНЫМ ДОМОМ”

М.А. Белов, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено использование онтологии для построения базы знаний экспертной системы “Умного дома”. Разработка онтологии позволяет существенно облегчить построение базы знаний экспертной системы, реализованной в среде CLIPS.

Ключевые слова: Умный дом, онтология, экспертная система, база знаний, CLIPS, OWL

DEVELOPMENT OF THE KNOWLEDGE BASE FOR “SMART HOUSE” CONTROL SYSTEM

M.A. Belov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the use of building knowledge ontology base of the expert system of the Smart House. The development of ontology makes possible to significantly simplify the creation of the knowledge base for the expert system implemented in the CLIPS environment.

Keywords: smart house, ontology, expert system, knowledge base, CLIPS, OWL.

Еще десять лет назад никто в России не думал об “Умных домах” и “Интернете вещей”. Сегодня это глобальные технологические тренды, являющиеся драйверами роста для “Цифровой экономики”. Для того чтобы система “Умный дом” была действительно умной, она должна правильно оценивать текущую ситуацию и принимать адекватные решения. Повышение интеллектуальности систем “Умный дом” возможно за счет применения для их реализации технологий искусственного интеллекта. В частности, таким шагом является использование экспертных систем, по-

строенных на базе продукционной модели представления знаний. Продукционная модель представления знаний нашла широкое применение из-за своей наглядности, простоты механизма логического вывода, высокой модульности, легкости внесения дополнений и изменений [1].

Одним из основных этапов построения баз знаний экспертных систем является этап структурирования и концептуализации знаний, заключающийся в определении основных понятий предметной области и их атрибутов, отношений между понятиями, входной и выходной информации. Для решения этой сложной задачи в последнее время все чаще используются семантические технологии, и в частности онтологии.

Онтологии используются для описания знаний о некоторой предметной области. Онтология описывает понятия предметной области, а также отношения, которые имеются между этими понятиями. Онтология, как модель формально может быть описана следующим набором множеств [2]:

$$O = \langle X, R, \Phi \rangle,$$

где X – конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология O , R – конечное множество отношений между концептами (понятиями, терминами) заданной предметной области, Φ – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях онтологии O . Роль функции интерпретации могут играть словесное пояснение термина (аннотация), формула для вычисления значения термина, алгоритмическое описание, а также определение в виде логической формулы.

Использование онтологий целесообразно по следующим причинам:

- онтологии облегчают совместное использование информации людьми или программными агентами;
- дают возможность повторного использования знаний в предметной области
- позволяют выполнить отделение знаний в предметной области от оперативных знаний.

Разработка онтологий для конкретной предметной области является сложным и трудоемким процессом. Поэтому целесообразно использование существующих онтологий для той же, или близкой, предметной области, если они частично покрывают потребности разработчика. В настоящее время разработано уже достаточно много онтологий для “Умных домов” и связанных с ними предметными областями. Развернутый обзор таких онтологий можно найти в работах [3], [4]. Из наиболее известных можно назвать: в области “Умных домов” и “Интеллектуальных зданий” – онтологии SAREF, SAREF4EE, Brick; в области базовых технологий контроля и мониторинга – онтологии SSN, M3-lite, OntoSensor; в области

“Интернета вещей” – онтологии IoT-lite, Open-IoT, IoT-O, IoT-A, в области систем управления зданиями – онтологии DogOnt, ThinkHome, VonSAI. К сожалению ни одна из существующих онтологий, в неизменном виде, не может использоваться для построения базы знаний экспертной системы “Умного дома”.

Авторы, на основе существующих онтологий, разработали свою онтологию системы “Умный дом”. Данная онтология позволяет существенно облегчить построение базы знаний экспертной системы “Умного дома”, реализованной в среде CLIPS. Для разработки онтологий использовался популярный редактор онтологий Protege. Процесс создания онтологий включает:

- определение классов в онтологии;
- организация классов в некоторую иерархию (подкласс – класс);
- определение отношений (связей) между классами, между элементами классов;
- определение свойств (характеристик, атрибутов) элементов класса;
- определение экземпляров классов и задание значений их свойств.

Фрагмент иерархии классов, разработанной онтологии в редакторе Protege показан на рис. 1.

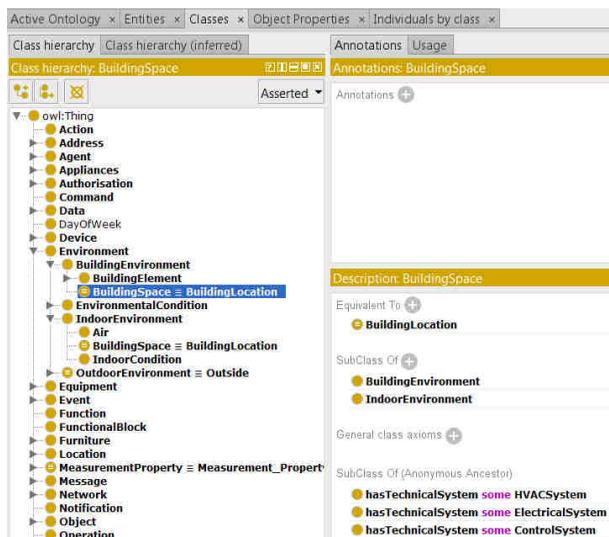


Рис. 1. Фрагмент иерархии классов в Protege

Структура классов онтологии включает основные классы: Agent, Appliances, Data, Environment, Equipment, Event, Location, Measurement Property, Message, Point, Resource, State, Technical System, User и другие. Такая структура классов позволяет обеспечить компромисс между выразительной силой онтологии и эффективностью обработки знаний, представленных онтологией. Фрагмент онтографа онтологии показан на рис. 2. Особенностью разработанной онтологии является ее ориентация на системы “Умный дом”, для управления которыми предполагается использовать базы знаний, экспертные системы и мультиагентные системы управления.

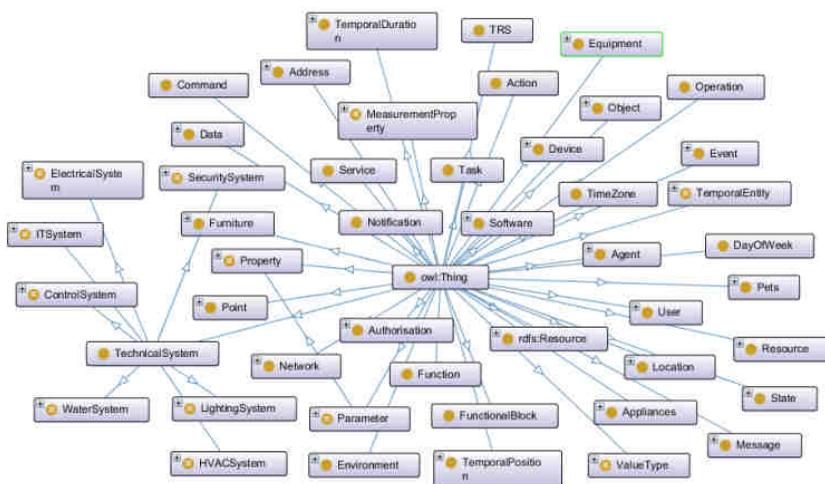


Рис. 2. Фрагмент онтографа онтологии

К сожалению, в настоящее время не существует общедоступных инструментов для преобразования индивидуальностей, характеристик и диапазонов данных онтологии в факты базы знаний экспертной системы. Однако для этих целей можно использовать язык описания онтологий OWL и непосредственный доступ к OWL файлу онтологии. Путем обработки конструкций NamedIndividual, DataPropertyAssertion, DataHasValue, DataSomeValuesFrom, DataProperty, DatatypeRestriction, FacetRestriction можно извлечь заложенную в онтологию информацию и сформировать набор фактов экспертной системы.

Таким образом, в работе рассмотрено использование онтологии для построения базы знаний экспертной системы “Умного дома”. Разработка онтологии позволяет существенно облегчить построение базы знаний экспертной системы “Умного дома”, реализованной в среде CLIPS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврилова Т.А.* Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
2. *Цуканова Н.И.* Онтологическая модель представления и организации знаний. М.: Горячая линия. Телеком, 2016. 276 с.
3. A study of existing Ontologies in the IoT-domain / G. Bajaj, R. Agarwal, P. Singh, N. Georgantas, V. Issarny / arXiv preprint, arXiv:1707.00112 (2017).
4. *Butzin B.* A survey on information modeling and ontologies in building automation / B. Butzin, F. Golatowski, D. Timmermann // 43 Annual Conference of the IEEE, 2017.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ “ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЗДАНИЕМ”

В.Л. Головацкий, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена реализация компьютерной модели мультиагентной системы управления “Интеллектуальным зданием” в системе AnyLogic. Использование мультиагентного подхода позволяет полнее учесть эффекты взаимодействия между отдельными элементами системы, а также влияние, оказываемое людьми на работу инженерного оборудования.

Ключевые слова: Интеллектуальное здание, мультиагентная система, компьютерная модель, AnyLogic.

MULTI-AGENT CONTROL SYSTEM FOR INTELLIGENT BUILDING DEVELOPMENT

V.L. Golovackiy, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the implementation of a computer model of a multi-agent control system for the Intelligent Building in AnyLogic. The multi-agent approach makes it possible to account the effects on interaction between the individual elements of the system, as well as the effect exerted by people to the work of engineering equipment.

Keywords: intelligent building, multi-agent system, computer-aided model, AnyLogic.

Современная система управления инженерным оборудованием здания, включающая в себя множество технических устройств, а также взаимодействующих с ней людей, представляет собой сложную человеко-машинную систему. Так как проведение натуральных экспериментов на действующей системе является весьма затратным, а часто вообще невозможным, то для определения структуры, состава и значений характеристик такой сложной системы необходимо использовать компьютерное имитационное моделирование.

Авторы разработали имитационную компьютерную модель функционирования системы “Интеллектуальное здание” в системе AnyLogic [1]. Одной из основных причин, по которой была выбрана система AnyLogic, это то, что она поддерживает технологию агентного моделирования, а также включает пешеходную библиотеку для моделирования движения пешеходов (людей) в физическом пространстве.

В настоящее время многоагентные системы находят все большее применение в самых разных отраслях науки и техники. В отличие от традиционных способов математического моделирования они позволяют работать с интегральными характеристиками описываемой системы, а с каждым ее элементом в отдельности. Агент – это реальная или виртуальная автономная сущность, работающая во внешней среде, способная воспринимать и действовать в этой среде. Агент может общаться с другими агентами, проявлять независимое поведение, которое может рассматриваться как следствие его знаний, взаимодействие с другими агентами и целей, которые он может достичь. Таким образом, многоагентная система – это сложная система, которая состоит, в основном, из агентов. Агентные модели представляют собой своего рода микромасштабную модель, которая имитирует одновременные действия и взаимодействия нескольких агентов в попытке воссоздать и предсказать появление сложных явлений [2].

В основе разработанной компьютерной модели лежит план реального дома. Фрагмент модели в процессе имитации в системе AnyLogic 8 показан на рис. 1. Пешеходная библиотека AnyLogic позволяет моделировать поведение людей в здании. В моделях, созданных с помощью пешеходной библиотеки, пешеходы движутся в пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен и других пешеходов. Пешеходная библиотека позволяет наглядно визуализировать моделируемый процесс с помощью анимации. На плане положение пешеходов (людей) отмечено цветными кружками. Люди могут передвигаться по коридору и заходить в помещения. Люди, попавшие в помещения могут задерживаться там на различное время. Внутри помещения работники могут включать различные офисные или бытовые электроприборы, управлять микроклиматом помещений.

Состав агентов модели включает локальных агентов системы отопления, вентиляции и кондиционирования (локальные HVAC агенты), локальных агентов системы освещения, локальных агентов энергоснабжения, зональных HVAC агентов и центральных HVAC агентов. Кроме этого, для описания поведения людей в модели был создан тип агента человека HumanAgent, расширяющий класс Пешеход пешеходной библиотеки. Класс HumanAgent хранит массив характеристик человека, в соответствии с которым определяется алгоритм его поведения, задающий как человек будет перемещаться по дому, как долго он будет находиться в доме и как он будет взаимодействовать с другими агентами для того чтобы добиться соответствия параметров окружающей среды своим предпочтениям. Все агенты за исключением HumanAgent непосредственно не визуализируются на плане дома, но могут изменять значения связанных с ними переменных модели, отображаемых на плане. Для взаимодействия между агентами модели используется механизм сообщений.

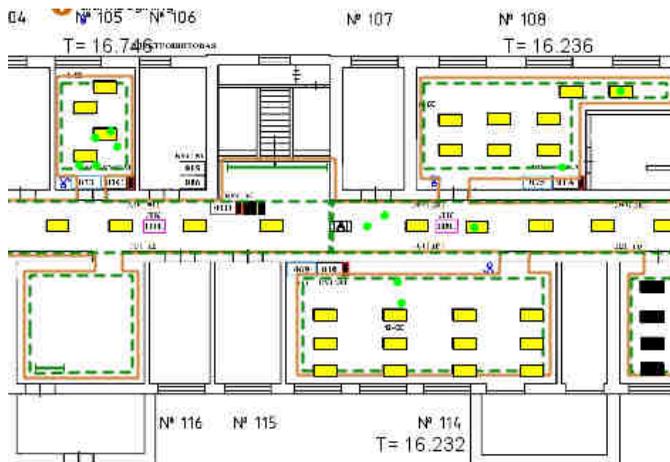


Рис. 1. Фрагмент модели в системе AnyLogic

Локальные HVAC агенты представляют собой традиционное климатическое оборудование (термостаты, вентиляторы, системы “теплый пол” и другие), работающие по принципу включено/выключено, а также различные системы регулирования на базе двухпозиционных, трехпозиционных и ПИД-регуляторов. Локальные агенты системы освещения отвечают за освещение помещений и коридоров дома. В целях энергосбережения управление различными группами светильников, в коридорах дома, осуществляется по датчикам движения, а в помещениях, по датчи-

кам освещенности, в зависимости от уровня естественного освещения. Локальные агенты энергоснабжения контролируют энергопитание отдельных помещений дома, бытовых электроприборов и технологического оборудования. Зональные HVAC агенты выполняют опрос и получение информации от локальных HVAC агентов, опрос и получение информации о предпочтениях от агентов людей, определение реакции системы управления на изменение предпочтений и поведения людей, выполнение функций оптимального управления и выдачу команд управления в адрес локальных HVAC агентов.

Разработанная компьютерная модель позволяет моделировать работу инженерных систем дома при возникновении внештатных, чрезвычайных или аварийных ситуаций. Так, на рис. 2 показано моделирование ситуации возникновения возгорания в одном из помещений дома. При возникновении пожара срабатывает система пожарной безопасности и люди начинают эвакуироваться через основной и запасные выходы. Люди не успевшие покинуть зону распространения огня и дыма могут получить вред для здоровья или даже погибнуть. Работа системы безопасности дома моделировалась с помощью средств пешеходной библиотеки, программирования на языке Java и диаграмм состояний.

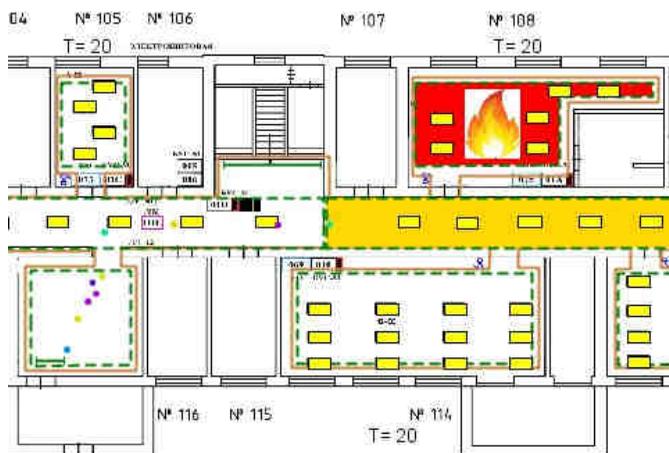


Рис. 2. Фрагмент модели при моделировании пожара

Модель позволяет исследовать зависимость энергопотребления от большого числа факторов (числа людей в коридорах и помещениях дома, количества включённых светильников и электроприборов, внешних метеоусловий, применяемых алгоритмов автоматического управления и

т.д.), а также выявить проблемы системы безопасности, связанные с поздним оповещением о пожаре, закрытием или загромождением путей эвакуации, работой противодымной вентиляции и т.д. Использование мультиагентного подхода позволяет полнее учесть эффекты взаимодействия между отдельными элементами системы, а также влияние, оказываемое людьми на работу инженерного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AnyLogic – инструмент многоподходного имитационного моделирования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 23.02.2019).
2. Кузнецов А.В. Краткий обзор многоагентных моделей // Управление большими системами. 2018. Вып. 71. С. 6-44.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

А.Е. Григорьев, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена конструкция мобильного робота для проведения внутри-трубной диагностики. Предложенная конструкция позволит преодолевать различного рода барьеры, такие как T-, Y-отводы, а также изменение формы трубы.

Ключевые слова: трубопроводы, диагностика, мобильный колесный робот, управление роботом

MOBILE ROBOT FOR MAINTENANCE OF ENGINEERING COMMUNICATIONS DESIGNING

A.E. Grigoriev, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the design of a mobile robot for pipe diagnostics. The proposed design will allow to overcome various kinds of barriers, such as T-, Y-bends, as well as changing the shape of the pipe.

Keywords: pipes, diagnostics, wheeled mobile robot, robot control.

В настоящее время робототехника все активнее приходит в наш быт. Роботом пылесосом уже никого не удивишь, а уже разрабатываются роботы помощники, роботы сиделки и роботы нянечки. Кажется что не за горами время, когда всю черную работу за нас будут выполнять роботы. Особенно ожидаемым для многих стало бы появление робота, который смог бы почистить трубы и воздуховоды, обнаружить проблемы в инже-

нерных коммуникациях зданий, в сетях центрального отопления и водоснабжения.

Трубопроводная система городов и зданий представляет собой совокупность взаимосвязанных трубопроводов, является связующим звеном между конечными потребителями и поставщиками различного рода ресурса. С увеличением сроков эксплуатации и старением системы, возрастает вероятность отказов трубопроводов в связи с разрушением рабочей поверхности труб. Поэтому диагностика и повышение надёжности трубопроводов является важнейшей задачей, решаемой коммунальными службами.

Для обеспечения эксплуатационной надёжности трубопроводов применяют системы диагностического обследования. Внутритрубная диагностика трубопроводов – важный технологический процесс обслуживания, от качества и частоты выполнения которого зависит безопасная и надёжная эксплуатация трубопроводных систем. Мероприятия по осмотру, обслуживанию и ремонту трубопроводов должны производиться непрерывно. Трубопроводы имеют различное строение, диаметр, а также соединяются путем отводов и тройников, либо специальных промежуточных установок. Учитывая большую протяженность трубопроводных сетей и их сложную конфигурацию, в ряде случаев эффективным средством проведения внутритрубной диагностики является применение дефектоскопических устройств, перемещаемых с помощью мобильных роботов.

Во всем мире активно ведутся работы над созданием конструкции робота для обслуживания трубопроводов. Робот SAW (Single-Actuator Wave) созданный Давидом Зарруком может перемещаться подобно гусенице в любом направлении с высокой скоростью [1]. Движения робота похожи на перемещающуюся синусоиду. Аналогично двигаются многие морские обитатели и микроорганизмы. Разработчики рассматривают разные сферы применения. В частности, робота можно использовать для перемещения по трубам и в загрязнённых водах.

Исследователи Массачусетского технологического института также пытаются решить эту проблему [2]. Они разработали небольшой резиновый робот, который внешне похож на волан для бадминтона. Устройство можно внедрить в систему подачи воды через любой пожарный гидрант. Там оно пассивно плывет по течению, регистрируя свое местоположение по мере продвижения. Параллельно робот обнаруживает даже небольшие изменения давления, измеряя его величину с помощью резиновой «юбки», которая заполняет собой диаметр трубы. По словам ученых, новая система способна быстро и дешево искать даже крошечные утечки, независимо от материала, из которого изготовлены трубы.

Робот THESBOT разработанный токийской компанией HiBot, является извилистым роботом, который по принципу змеи прокладывает свой путь через узкие трубопроводы, передает видео в режиме реального времени и собирает другие данные о состоянии труб [3]. Благодаря сегментированной конструкции робот без труда преодолевает изгибы трубы и места сварных соединений. Кроме того, робот способен подниматься в вертикальном положении – для такого вида передвижения предусмотрены специальные колеса. По словам разработчиков, робот-исследователь уже практически готов к выходу на рынок.

Авторы решили разработать собственную конструкцию мобильного робота для проведения внутритрубной диагностики. Внешний вид конструкции представлен на рис. 1.

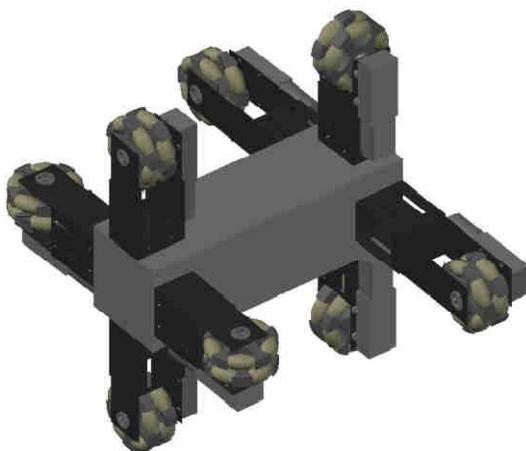


Рис. 1. Конструкция мобильного робота

Учитывая большую протяженность трубопроводных сетей и их сложную конфигурацию, при движении мобильного робота внутри трубопровода на его пути могут встречаться различного рода барьеры, такие как Т-, Y-, L-образные отводы, изменение наклона трубы, изменение формы трубы. Предложенная конструкция позволит преодолевать Т-, Y-отводы, а также изменение формы трубы. Преодоление барьеров обеспечивает сенсорная подсистема мобильного робота, позволяющая определить тип препятствия. Определив тип препятствия мобильный робот, в соответствии с алгоритмом работы, огибает препятствие.

Для движения робота внутри трубопровода используются колеса всенаправленного движения, которые позволяют беспрепятственно двигаться как вдоль оси трубопровода, так и поперек ее за счет своей конструкции. Эффект состоит в том, что колесо может приводиться в полную силу, но будет скользить в боковом направлении с большой легкостью. П-образные алюминиевые крепления корпуса, располагаются на корпусе робота, размер которого составляет 70x70x220 мм. В корпусе размещаются плата микроконтроллера, блок электропитания, и прочие компоненты. Крепления позволяют настраивать рабочий диаметр робота и регулируются в диапазоне от 107 до 147 мм (с учетом размера колеса), тем самым позволяя проводить диагностику труб диаметром от 285 до 365 мм. Кроме того, использование такого вида креплений позволяет проводить диагностику инженерных коммуникаций прямоугольного сечения, таких как вентиляционные короба. Расположение колес показанное на рис. 2, в комбинации со всенаправленными колесам, позволит совершать беспрепятственное движение как по направлению трубопровода, так и поперек. В качестве мотора используется редукторный двигатель GW180-25 с максимальной скоростью вращения 30 об/мин. Мотор поставляется в комплекте с L-образным редуктором.

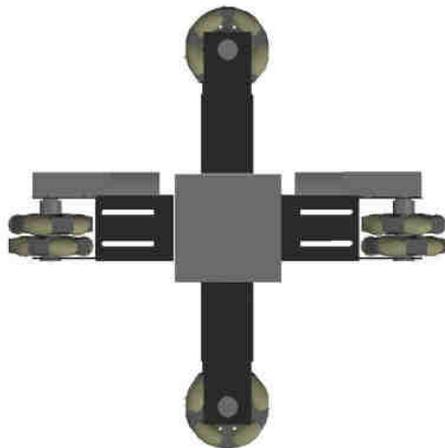


Рис. 2. Расположение колес мобильного робота

Таким образом, авторами разработана конструкция мобильного робота для проведения внутритрубной диагностики. Предложенная конструкция позволит преодолевать различного рода барьеры, такие как Т-, Y-отводы, а также изменение формы трубы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Single-Actuator Wave Robot Zips Around With High-Speed Wiggles [Электронный ресурс]. URL: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-hardware/singleactuator-wave-robot-zip-around-with-high-speed-wiggles> (дата обращения: 23.02.2019).
2. Finding leaks while they're easy to fix [Электронный ресурс]. URL: <http://news.mit.edu/2017/robot-finds-leaks-water-pipes-0718> (дата обращения: 23.02.2019).
3. THESBOT – модульный робот-змея от HiBot для инспекции трубопроводов [Электронный ресурс]. URL: https://robotics.ua/news/service_robots/4975-ibot_thesbot_robot_for_inspection_of_pipelines (дата обращения: 23.02.2019).

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ “УМНЫМ ДОМОМ”

Д.М. Малышев, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложена реализация интеллектуальной системы принятия решений для управления “Умным домом” на базе экспертной системы в среде CLIPS. Использование экспертной системы повышает интеллект системы “Умный дом”, обеспечивая комфорт и безопасность проживающих в нем жильцов.

Ключевые слова: Умный дом, экспертная система, база знаний, CLIPS

EXPERT SYSTEM FOR CONTROL THE “SMART HOUSE” DEVELOPING

D.M. Malyshev, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article proposes the implementation of an intelligent decision-making system for managing the “Smart House”. This system is based on an expert system in the CLIPS environment. The use of the expert system enhances the intelligence of the “Smart Home”, ensuring the comfort and safety of the occupants.

Keywords: smart house, expert system, knowledge base, CLIPS.

Для того чтобы система “Умный дом” была действительно умной, она должна правильно оценивать текущую ситуацию и принимать адекватные решения. Мозгом системы “Умный дом” должна стать интеллектуальная система принятия решений (ИСПР), построенная с использованием технологий искусственного интеллекта. Авторы предлагают использовать для создания ИСПР экспертную систему производственного типа. Продукционная модель представления знаний нашла широкое при-

менение из-за своей наглядности, простоты механизма логического вывода, высокой модульности, легкости внесения дополнений и изменений [1].

Для реализации производственной модели знаний и машины вывода авторы использовали популярную свободно-доступную оболочку для создания экспертных систем CLIPS. Структура ИСПР на базе CLIPS показана на рис. 1.

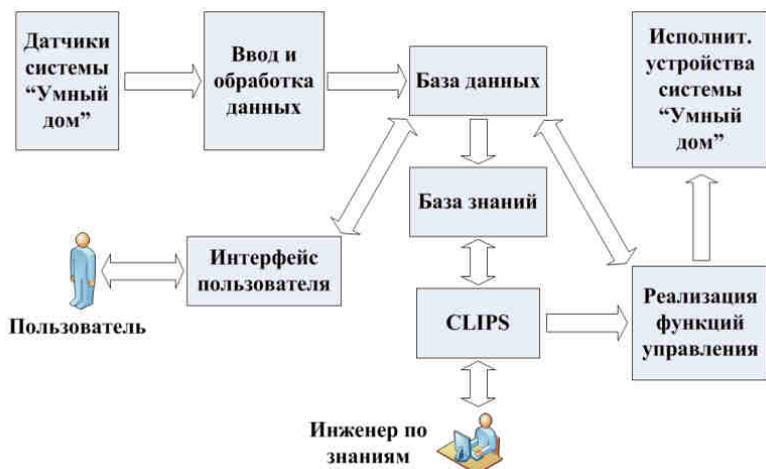


Рис. 1. Структура ИСПР на базе CLIPS

Данные от датчиков поступают в подсистему ввода и обработки информации, из которой они передаются в базу данных системы “Умный дом”. Информация из базы данных используется для определения фактов базы знаний CLIPS. Факты могут использовать оперативные данные, получаемые от датчиков, и условно-постоянные данные, включающие заданные значения параметров микроклимата, характеристики оборудования и другие. База правил содержит набор правил продукции, описывающих типовые сценарии управления “Умным домом”. К таким типовым сценариям относятся: “Выходя из дома”, “Управление освещением”, “Управление климатом”, “Пожар”, “Проникновение”, “Ночной режим” и другие.

Машина вывода CLIPS циклически просматривает факты из рабочей памяти и правила из базы знаний. Если удовлетворяются предпосыл-

ки каких-то правил, то эти правила срабатывают. Сработавшие правила добавляют или изменяют факты в рабочей памяти или приводят к выполнению функций управления. Реализация функций управления производится в соответствующей подсистеме, из которой сигналы управления передаются на исполнительные устройства системы “Умный дом”. Взаимодействие пользователя с ИСПР осуществляется через специальное приложение, реализующее интерфейс пользователя. Квалифицированный пользователь, выполняющий роль инженера по знаниям, может общаться с CLIPS, используя встроенные в эту среду инструменты.

Рассмотрим, для примера, реализацию одного из сценариев управления “Умным домом”. Возьмем сценарий “Выходя из дома”, предусматривающий выключение света во всех помещениях дома, частичное отключение электропитания (отключение необходимого числа розеток), перевода работы климатического оборудования в экономичный режим и включение охранной сигнализации. При этом все эти действия должны выполняться по одной команде (кнопке). Шаблоны фактов для данного сценария показаны на рис. 2.

```
(deftemplate switch_home_off (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)))
(deftemplate selected_socket (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)))
(deftemplate security_mode (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)))
(deftemplate lamp (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)))
(deftemplate lamplight (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)) (slot value (type
INTEGER) (range 0 ?VARIABLE)))
(deftemplate eko_mode (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)))
(deftemplate heater (slot onoff (type SYMBOL) (allowed-symbols on off)) (slot power (type
INTEGER) (range 0 ?VARIABLE)))
(deftemplate temp (slot value (type FLOAT) (range -50.0 50.0)))
(deftemplate tempzdn (slot value (type FLOAT) (range -50.0 50.0)))
```

Рис. 2. Шаблоны фактов для сценария “Выходя из дома”

Факт `switch_home_off` связан с общей кнопкой, `selected_socket` – с отключением электропитания, `lamp` и `lamplight` – с выключением света, `security_mode` – с включением сигнализации, `eko_mode`, `heater`, `temp`, `tempzdn` – с переводом работы климатического оборудования в экономичный режим.

Состояние фактов перед выполнением сценария показано на рис. 3. Оно соответствует тому, что свет включен, сигнализация выключена, нагреватель работает на полную мощность.

```

f-0      (initial-fact)
f-4      (motionsens (onoff off) (delay 60) (count 0))
f-5      (temp (value 20.0))
f-6      (tempzdn (value 23.0))
f-8      (switch_home_off (onoff off))
f-9      (selected_socket (onoff off))
f-10     (security_mode (onoff off))
f-11     (night_time (onoff off))
f-12     (real_time (value 15.0))
f-13     (preset_time1 (value 0.0))
f-14     (preset_time2 (value 5.0))
f-15     (eko_mode (onoff off))
f-16     (manualswitch (onoff on))
f-17     (lamp (onoff on))
f-18     (lamplight (onoff on) (value 90))
f-351    (heater (onoff on) (power 1000))

```

Рис. 3. Список фактов перед выполнением сценария

Изменение состояния факта `switch_home_off`, связанного с нажатием общей кнопки, приведет к срабатыванию правила показанного на рис. 4. Срабатывание этого правила приводит к изменению фактов `selected_socket`, `security_mode`, `eko_mode`, `lamp`. Что в свою очередь приведет к срабатыванию еще целой цепочки правил. Состояние фактов после выполнения сценария показано на рис. 5. Из рисунка видно, что факт `selected_socket` менял свое состояние из `off` в `on`, что соответствует отключению розеток. Факт `security_mode` менял свое состояние из `off` в `on` – включился режим охраны. Факты `lamp` и `lamplight` меняли свое состояние из `on` в `off` – выключился свет. Факт `eko_mode` менял свое состояние из `off` в `on` – включился экономичный режим и нагреватель теперь работает в половину мощности (факт `heater` изменил значение `power` с 1000 на 500). Аналогично работают и другие сценарии.

```

(defrule switch_home_off-on
  ?ss <- (selected_socket (onoff ?x))
  ?sm <- (security_mode (onoff ?y))
  ?em <- (eko_mode (onoff ?z))
  ?lp1 <- (lamp (onoff ?f))
  (switch_home_off (onoff on))
  =>
  (modify ?ss (onoff on))
  (modify ?sm (onoff on))
  (modify ?em (onoff on))
  (modify ?lp1 (onoff off))

```

**Рис. 4. Основное правило для сценария
“Выходя из дома”**

```
f-0      (initial-fact)
f-4      (motionsens (onoff off) (delay 60) (count 0))
f-11     (night_time (onoff off))
f-12     (real_time (value 15.0))
f-13     (preset_time1 (value 0.0))
f-14     (preset_time2 (value 5.0))
f-352    (switch_home_off (onoff on))
f-1758   (tempzdn (value 18.0))
f-4564   (temp (value 17.0))
f-4834   (heater (onoff on) (power 500))
f-4835   (manualswitch (onoff off))
f-6853   (selected_socket (onoff on))
f-6854   (security_mode (onoff on))
f-6855   (eko_mode (onoff on))
f-6856   (lamp (onoff off))
f-6857   (lamplight (onoff off) (value 0))
```

Рис. 5. Список фактов после выполнения сценария

Таким образом, в работе предложена реализация ИСПР на базе экспертной системы в среде CLIPS. Использование экспертной системы повышает интеллект системы “Умный дом”, обеспечивая комфорт и безопасность проживающих в нем жильцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Частиков А.П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А.П. Частиков, Т.А. Гаврилова, Д.Л. Белов. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 608 с.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ОТБОРА ПРОДУКТА ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ

В.А. Швецов, Г.Г. Вилков

Научный руководитель – **Г.Г. Вилков**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение энтропийно-информационного анализа процесса ректификации для определения оптимального отбора продукта в проектной постановке задачи моделирования.

Ключевые слова: энтропийно-информационный анализ, ректификация, проектная постановка, отбор продукта, температура куба, условие оптимальности.

THE CHOICE OF OPTIMAL PRODUCT SELECTION BY RECTIFICATION OF A MULTICOMPONENT MIXTURE

V.A. Shvetsov, G.G. Vilkov

Scientific Supervisor – **G.G. Vilkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The application of entropy-information analysis of the rectification process to determine the optimal product selection in the design formulation of the modeling problem is considered.

Keywords: entropy-information analysis, rectification, project statement, product selection, cube temperature, optimality condition.

В течение последних лет для решения задач моделирования и оптимизации разделительных процессов химической технологии нашёл применение энтропийно-информационный анализ [1-3]. Данная работа в рамках такого анализа посвящена определению оптимального отбора продукта в процессе ректификации при наличии технологических ограничений.

Для решения этой задачи используется энтропийный метод моделирования. Он позволяет получить наиболее вероятное распределение

концентраций компонентов в дистилляте и кубовом продукте колонны в условиях объективной, но всегда недостаточной информации [1]. В качестве критерия правдоподобия выступает информационная энтропия выходных потоков.

Постановка задачи моделирования заключается в следующем: требуется найти такие распределения концентраций компонентов в дистилляте и кубовом продукте, которые обеспечили бы максимум информационной энтропии при соблюдении ряда ограничений, в том числе и балансовых [1]. В работе эта задача решается для проектной постановки, когда необходимо найти высоту колонны, составы выходных потоков, отборы продуктов и другие параметры, обеспечивающие достижение заданной концентрации целевого компонента в одном из выходных потоков. Для этого случая решением сформулированной условной экстремальной задачи являются уравнения:

$$x_i^+ = z_i / \left[\varepsilon_y + ((z_n - \varepsilon_y x_n^+) / x_n^+) \left(\frac{\alpha_i}{\alpha_n} \right)^{-\lambda} \right]; i = 1, \dots, m, \quad (1)$$

$$x_i^- = z_i / \left[\varepsilon_x + (\varepsilon_y \varepsilon_x x_n^+ / (z_n - \varepsilon_y x_n^+)) \left(\frac{\alpha_i}{\alpha_n} \right)^\lambda \right]; i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_i^+ = 1, \quad (3)$$

где z_i, x_i^+, x_i^- – мольные концентрации i -го компонента в питании, дистилляте и кубовом продукте; $\varepsilon_y, \varepsilon_x$ – относительные мольные расходы дистиллята и кубового продукта (приведенные к единице питания); α_i – коэффициент относительной летучести i -го компонента, m – число компонентов в питании, n – номер компонента, концентрация которого в выходном потоке задана; λ – множитель Лагранжа в условной экстремальной задаче.

Значение λ определяется при решении уравнения (3). Уравнениям (1) и (2) соответствует соотношение:

$$\lambda = \ln \frac{x_i^+ x_n^-}{x_i^- x_n^+} / \ln \frac{\alpha_i}{\alpha_n}. \quad (4)$$

Полученное выражение совпадает с известным уравнением Фенске–Андервуда. Поэтому множитель Лагранжа λ имеет физический смысл минимального числа теоретических тарелок для заданного качества разделения.

Так как множитель Лагранжа λ связан с числом тарелок колонны, то его минимизация соответствует минимуму капитальных затрат для получения заданного качества. При этом значение отбора продукта, обеспечивающее такой минимум, является оптимальным.

В качестве примера рассмотрено выделение пропан-пропиленовой фракции из восьмикомпонентной смеси, состав которой приведен в табл. 1. Там же записаны и результаты расчета составов выходных потоков

колонны. С целью недопущения полимеризации некоторых веществ на температуру в кубе колонны t_k наложено ограничение: она не должна превышать 88°C .

Таблица 1. Результаты расчета составов выходных потоков

№	Компо- ненты	Коэффи- циенты α_i	Состав питания z_i	Составы выходных потоков			
				Точка 1		Точка 2	
				x_i^+	x_i^-	x_i^+	x_i^-
1	Этилен	2,6534	0,0029	0,0038	0	0,0041	0,0006
2	Этан	2,4895	0,0085	0,0112	0	0,0113	0,0030
3	Пропилен	2,4631	0,7330	0,9608	0,2310	0,9608	0,2838
4	Пропан	1,9103	0,0175	0,0136	0,0298	0,0081	0,0360
5	Бутилен	1,5621	0,2103	0,0106	0,8321	0,0156	0,5939
6	н-Бутан	1,5191	0,0001	0	0,0004	0	0,0003
7	н-Пентан	1,2168	0,0230	0	0,0946	0	0,0681
8	н-Гексан	1,0000	0,0048	0	0,0198	0	0,0143

График зависимости параметра λ от относительного отбора дистиллята ε_y приведен на рис. 1. Видим, что график имеет экстремальный характер с явно выраженным минимумом в точке 1. В этой точке, где $\lambda = \lambda_{min} = 13,12$, заданная концентрация пропилена в дистилляте достигается при значении $\varepsilon_y = 0,7571$, что хорошо согласуется с условием оптимальности [1] $\varepsilon_y^{opt} = \sum_{i=1}^4 z_i = 0,7619$. Однако при этом температура в кубе колонны t_k оказывается равной $101,35^{\circ}\text{C}$, что недопустимо.

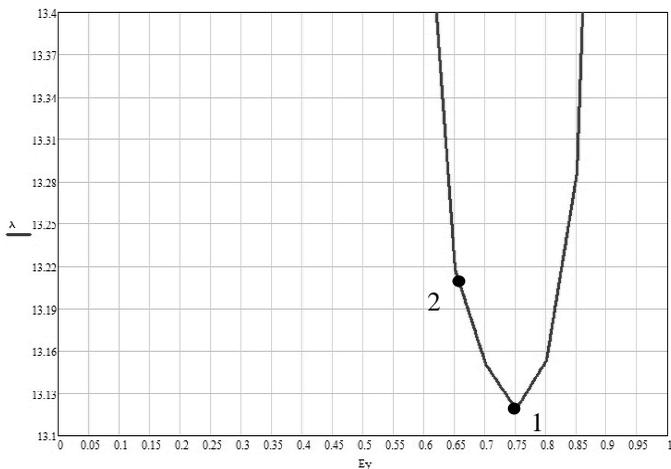


Рис. 1. Зависимость параметра λ от относительного отбора дистиллята ϵ_y

Одним из способов выполнения температурного ограничения является уменьшение ϵ_y до значения, при котором оно начинает выполняться (точка 2). В этой точке при $\epsilon_y=0,6635$, $\lambda=13,21$, $t_k=87,96^{\circ}\text{C}$.

Другой способ выполнения температурного ограничения заключается в замене одиночной колонны на систему из двух колонн с рециклом [4]. В этом случае затраты получаются больше, но и отбор целевого продукта больше. Выбор из этих двух способов необходимо делать на основании результатов экономического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балунов А.И. Энтропия и информация в теории ректификации / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2003. Т. 46. № 9. С. 54-67.
2. Балунов А.И. Оптимальный отбор продуктов в процессе ректификации. Энтропийно-информационный анализ / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. № 4. С. 97-106.
3. Балунов А.И. Расчет составов продуктовых потоков сложных ректификационных систем на основе принципа максимальной энтропии / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. № 9. С. 96-102.
4. Вилков Г.Г. Алгоритм функционирования системы управления отделением газоразделения этиленовых установок типа ЭП – 300 / Г.Г. Вилков, А.И. Балунов // Автоматизация и контрольно-измерительные приборы. 1977. № 5. С. 5-8.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ С РЕЦИКЛОМ

П.А. Яковлев, Г.Г. Вилков

Научный руководитель – **Г.Г. Вилков**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается ректификационная система, состоящая из двух колонн с рециклом. Проведен энтропийно-информационный анализ системы. Получены условия ее оптимального функционирования. Использование этих условий упрощает решение задачи оптимального управления.

Ключевые слова: ректификация, рецикл, информационный критерий относительной организованности, условие оптимальности.

THE OPTIMAL CONTROL OF A DISTILLATION SYSTEM WITH A RECYCLE

P.A. Yakovlev, G.G. Vilkov

Scientific Supervisor – **G.G. Vilkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The rectification system consisting of two recycled columns is considered. The entropy-information analysis of the system was carried out. The conditions of its optimal functioning are obtained. The use of these conditions simplifies the solution of the optimal control problem.

Keywords: rectification, recycle, information criterion of relative organization, optimality condition.

В работе проведен энтропийно-информационный анализ ректификационной системы с рециклом с целью решения задачи оптимального управления [1]. Объектом анализа является двухколонная система, разделяющая трехкомпонентную модельную смесь. Структурная схема системы приведена на рис. 1.

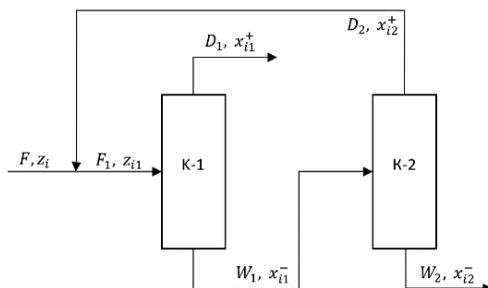


Рис. 1. Структурная схема ректификационной системы

На рисунке обозначено: F, F_j, D_j, W_j – мольные расходы сырья, питания, дистиллята и кубового продукта j -й колонны; $z_i, z_{ij}, x_{ij}^+, x_{ij}^-$ – мольные концентрации i -го компонента в сырье, питании, дистилляте и кубовом продукте j -й колонны.

Для анализа ректификационной системы была разработана её энтропийная математическая модель, в состав которой входят энтропийные модели отдельных колонн [2]. Математическая модель колонны включает в себя уравнения

$$x_i^+ = F \cdot z_i / \left[D + W \cdot \left(\frac{\alpha_i}{\alpha_{гр}} \right)^{-\lambda} \right], \quad (1)$$

$$x_i^- = F \cdot z_i / \left[W + D \cdot \left(\frac{\alpha_i}{\alpha_{гр}} \right)^{\lambda} \right], \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_i^+ = 1, \quad (3)$$

где $\alpha_i, \alpha_{гр}$ – коэффициенты относительной летучести i -го и гипотетического граничного, если $z_{гр} = x_{гр}^+ = x_{гр}^-$, компонентов; λ – параметр, связанный с числом теоретических тарелок колонны; m – количество компонентов в сырье.

В задачах управления используется поверочная постановка задачи моделирования [3]. Такая постановка позволяет при известном составе питания, отборе выходного потока, высоте колонны и свойствах компонентов разделяемой смеси получить составы выходных потоков и другие параметры.

В поверочной постановке величины отборов выходных потоков являются интенсивными управлениями, при варьировании которыми разделятельная способность колонн может быть повышена при относительно неизменных затратах [3]. Разделительная способность отдельных колонн, так и системы в целом оценивается критериями относительной организованности процесса разделения. В общем случае критерий орга-

низованности описывается как $\eta = (H_{\text{вх}} - H_{\text{вых}}) / H_{\text{вх}}$, где $H_{\text{вх}}, H_{\text{вых}}$ – информационные энтропии, оценивающие неупорядоченность потоков на входе и выходе разделительной системы. Для колонн 1 и 2 и для системы в целом выражения для расчета η имеют следующий вид:

$$\eta_1 = \frac{F_1 \cdot \sum_1^3 z_{i1} \cdot \ln z_{i1} - D_1 \cdot \sum_1^3 x_{i1}^+ \cdot \ln x_{i1}^+ - W_1 \cdot \sum_1^3 x_{i1}^- \cdot \ln x_{i1}^-}{F_1 \cdot \sum_1^3 z_i \cdot \ln z_i}, \quad (4)$$

$$\eta_2 = \frac{W_1 \cdot \sum_1^3 x_{i1}^- \cdot \ln x_{i1}^- - D_2 \cdot \sum_1^3 x_{i2}^+ \cdot \ln x_{i2}^+ - W_2 \cdot \sum_1^3 x_{i2}^- \cdot \ln x_{i2}^-}{W_1 \cdot \sum_1^3 x_{i1}^- \cdot \ln x_{i1}^-}, \quad (5)$$

$$\eta = \frac{F \cdot \sum_1^3 z_i \cdot \ln z_i - D_1 \cdot \sum_1^3 x_{i1}^+ \cdot \ln x_{i1}^+ - W_2 \cdot \sum_1^3 x_{i2}^- \cdot \ln x_{i2}^-}{F \cdot \sum_1^3 z_i \cdot \ln z_i}. \quad (6)$$

Таким образом, постановка задачи оптимального управления ректификационной системой сводится к поиску таких значений отборов продуктов разделения колонн, при которых критерий (6) максимален. Для примера на рис. 2 приведены графики изменения критериев (4), (5) и (6) от расхода D_1 при следующих исходных данных: $F = 1$; $z_1 = 0,3$; $z_2 = 0,3$; $z_3 = 0,4$; $D_1 = 0,6$; $\lambda_1 = 10$; $D_2 = 0,1$; $\lambda_2 = 10$; $\alpha_1 = 3$; $\alpha_2 = 2$; $\alpha_3 = 1$.

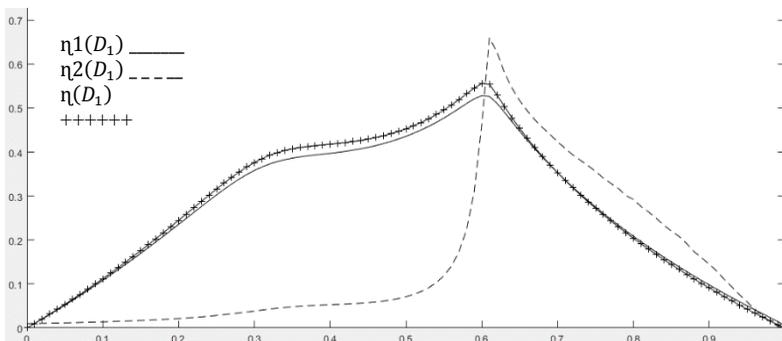


Рис. 2. Графики критериев разделительной способности η_1, η_2, η от доли отбора дистиллята колонны К-1

Все графики имеют экстремальные точки. Подобные графики были построены при варьировании составом сырья, расходом рецикла, чис-

лами теоретических тарелок в колоннах, коэффициентами относительных летучестей компонентов.

Анализ графиков позволяет сделать следующие выводы.

1. Значение D_1 , при котором критерий η максимален, не зависит от изменения расхода рецикла и определяется из уравнения $D_1 = F \cdot (z_1 + z_2)$. (7)

2. При уменьшении расхода рецикла значения D_1 , при которых критерии (4), (5) и (6) максимальны, стремятся к одному и тому же значению.

3. Максимальные значения критериев η и η_2 достигаются при одном и том же значении D_1 . Это позволяет воспользоваться известным условием оптимальности для одиночной колонны [3]. Для колонны $K-2$ оно принимает вид

$$D_2 = W_1 \cdot (x_{11}^- + x_{21}^-). \quad (8)$$

При оптимальном управлении проанализированной ректификационной системой необходимо реализовывать условия оптимальности (7) и (8). Это приводит к понижению размерности вектора управлений и исключению необходимости многомерного поиска с использованием математической модели системы, что существенно упрощает решение задачи оптимального управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вилков Г.Г.* Проектирование и управление разделительными химико-технологическими системами // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 11. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. С. 183–192.
2. *Балунов А.И.* Энтропия и информация в теории ректификации / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2003. Т. 46, № 9. С. 54–67.
3. *Балунов А.И.* Оптимальный отбор продуктов в процессе ректификации. Энтропийно-информационный анализ / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56, № 4. С. 97–106.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КАЛИБРОВКИ И ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ АПЕРТУРЫ

К.А. Клочков, А.П. Бесшапошникова, А.В. Печаткин

Научный руководитель – **А.В. Печаткин**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

Рассматриваются вопросы разработки опытного экземпляра универсального автоматизированного оборудования для калибровки испытаний оптико-электронных устройств.

***Ключевые слова:** испытательный комплекс, испытательная камера, испытания, калибровочный ИК излучатель средней оптической апертуры, немедленная и накапливаемая реакции электронного оборудования.*

CALIBRATION PROCESS AUTOMATION AND THERMAL EQUIPMENT OF LOW AND MEDIUM OPTICAL APERTURE TESTING

K.A. Klochkov, A.P. Besshaposhnikova, A.V. Pechatkin

Scientific Supervisor – **A.V. Pechatkin**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of radio-electronic and telecommunication systems

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The questions of development of a prototype of the universal automated equipment for calibration of tests of optoelectronic devices are considered.

***Keywords:** test facility, test cell, testing and calibration of the IR emitter, the average optical aperture, the immediate and accumulated by the reaction of electronic equipment.*

С целью автоматизации процессов многопрофильных испытаний, вызывающих немедленную и накапливаемую реакцию электронного оборудования, на кафедре РТС ранее был создан проект автоматизированной испытательной камеры [1]. Этот проект позднее был трансформирован в прототип универсального комплекса для проведения многопрофильных испытаний, а также для выполнения калибровочных операций тепловизионного оборудования в режимах функционирования, максимально приближенных к эксплуатационным – такое решение необходимо, например, при осуществлении калибровки тепловизионных камер и прицелов, поставляемых в Российские войска. В комплексе:

- используется единая многокаскадная термоэлектрическая платформа для статического и динамического формирования положительных и отрицательных температур и управляемых воздействий агрессивных средств в замкнутом объёме, благодаря этому снижаются энергопотребление, стоимость комплекса и массогабаритные показатели по сравнению с существующими аналогами;

- объединены в одном оборудовании и в одном временном интервале возможности для исследования параллельного влияния нескольких разнородных дестабилизирующих процессов как независимо друг от друга, так и в управляемой программируемой совокупности. С этой целью управление термоэлектрическими модулями (ТЭМ) и компонентами, имитирующими и/или формирующими (моделирующими) агрессивные среды, осуществляется независимыми программируемыми многоканальными PID контроллерами;

- обеспечена возможность изготовления данного оборудования силами студенческого конструкторско-технологического бюро за счёт использования типовых модулей, отсутствия или минимизации «горячих» процессов (например, пайки) и технологических процессов, требующих наличия специального формообразующих. В настоящее время ведущее место продолжают занимать аппаратные испытания на специализированном оборудовании для экспериментального определения количественных и качественных характеристик и свойств объекта как результата воздействий на него внешних возмущающих факторов [2]. Анализ видов внешних воздействий показывает возможность их разделение на 2 основных класса:

- а) воздействия, вызывающие немедленную ответную реакцию изделия (механические воздействия, воздействия различных видов излучений, тепловые и электрические нагрузки);

- б) воздействия, вызывающие накапливаемую реакцию (влажность, соляной туман, агрессивные среды, плесневые грибки и др.).

В типовой конфигурации испытательный комплекс содержит следующие модули:

- 1) протяжённый калибровочный излучатель ИК;
- 2) блок управления ИК излучателя;
- 3) блок охлаждения ИК излучателя;
- 4) блок питания ИК излучателя;
- 5) рабочая камера;
- 6) блок управления рабочей камерой;
- 7) блок охлаждения термоэлектрических элементов;
- 8) блок питания рабочей камерой.

Блоки управления и протяжённый калибровочный ИК излучатель реализованы в стандартных корпусах с единым форм-фактором с целью которых использования вертикальное каскадирование для уменьшения рабочего пространства комплекса.

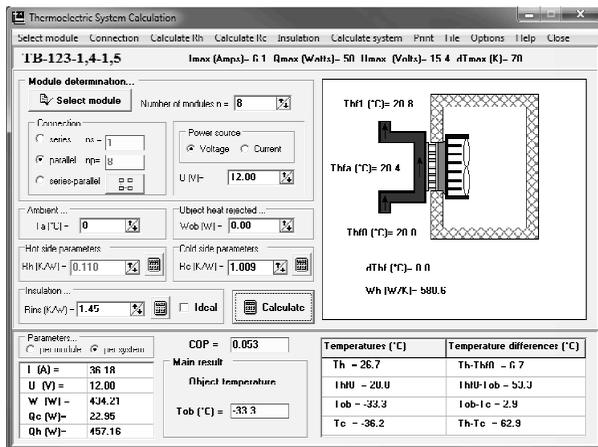
Рабочая камера представляет собой самостоятельную герметичную конструкцию, выполненную на основе энергоэффективного пластикового многокамерного профиля и может быть реализована полностью или частично остеклённой. В верхней наружной части камеры смонтированы термоэлектрические процессоры и обратные клапаны, позволяющие реализовать открытый или замкнутый каналы воздушного обмена и аэрокуперации.

При использовании принудительного жидкостного охлаждения в изолированном объёме $300 \times 300 \times 300$ мм³ при затратах энергии менее 450 Вт удаётся достичь нижней границы температуры на уровне – 36 °С. Верхняя граница зависит от конструкции ТЭМ и при использовании высокотемпературного припоя может достигать +100 °С без нанесения ущерба конструкции – рис. 1а.

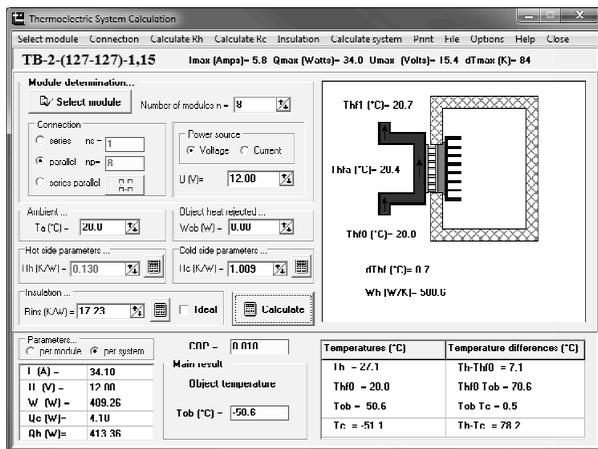
Протяжённый калибровочный ИК излучатель также является функционально и конструктивно завершённым модулем. Особенности конструктивного исполнения ИК излучатель обеспечивают его функционирование как в составе технологического комплекса, так и в качестве автономного оборудования для калибровки оптоэлектронной и тепловизионной аппаратуры малой и средней оптической апертуры.

Опытный образец ИК излучателя позволяет получить следующие базовые характеристики: температурный диапазон (стационарный режим, потери) –35...+70 °С; площадь апертуры 120×80 мм², нестабильность температуры ±0.15 °С, время выхода на режим не более 20 минут, потребление не более 600 Вт – рис. 1б. Конструкция модуля протяжённого ИК излучателя допускает установку тоннеля для увеличения площади апертуры и снижения влияния окружающей среды на рабочую поверхность. В протяжённом калибровочном ИК излучателе используются двухкаскадные ТЭМ с максимальной разницей температур на холодной и горячей сторонах, в то время как в термоэлектрических процессорах рабочей камеры – модули с максимальной холодильной мощностью. Такое

решение позволяет максимально использовать конструктивные возможности модулей и теплоизолятора.



a)



b)

Рис. 1. Виды поддерживаемых комплексом ключевых испытаний

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буман А.Г. Универсальная камера для проведения климатических и вибрационных испытаний малогабаритной электронной и оптико-электронной аппаратуры / А.А. Алтухов, А.Г. Буман, А.В. Печаткин // Сборник трудов 69 региональной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов вузов с международным участием. Ярославль: Издательский дом ЯГТУ, 2016.
2. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: Учебное пособие для вузов / Под ред. проф. А.И. Коробова. М.: Радио и связь, 1987. 272 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

С.И. Маришенков, М.М. Беляева

Научный руководитель – **М.М. Беляева**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьёва

Рассматривается задача автоматизации управления микроклиматом в складском помещении. Одно из возможных решений – разработка системы с применением унифицированных модулей.

***Ключевые слова:** системы управления микроклиматом, контроль температуры и влажности, контроллер микроклимата.*

AUTOMATION OF THE PROCESS OF CLIMATE CONTROL WAREHOUSE SPACE

S.I. Marishenkov, M.M. Belyaeva

Scientific Supervisor – **M.M. Belyaeva**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The problem of automation of microclimate control in a warehouse is considered. One of possible solution is to develop a system of unified module using.

***Keywords:** climate control systems, temperature and humidity control, climate control controller.*

Склад – место хранения материальных ценностей. В каждом складском помещении должны быть обеспечены благоприятные условия для сохранения этих ценностей и комфортабельной и безопасной работы сотрудников. Согласно требованиям санитарно-гигиенических норм и ряда руководящих документов на хранение продукции каждое складское помещение должно быть оборудовано системой контроля микроклимата [1]. Параметры микроклимата (температура, относительная влажность,

подвижность воздуха и другие) зависят от условий хранения и номенклатуры продукции.

В данной работе рассматривается задача разработки системы контроля микроклимата производственного склада площадью 30x50 м высотой 6 м для хранения радиодеталей. Согласно международному стандарту IPC/JEDEC J-STD-020C для компонентов электронной техники установлены требования по температуре хранения (менее 30°C) и влажности относительной влажности (60%); электротехнические материалы, кабели, провода, радио- и электроаппаратура должны храниться при температуре +8...+14 °С и относительной влажности 50%. Неправильное хранение электrorадиоизделий может приводить дефектам при производстве и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры: изменению электрических параметров, коррозии выводов, растрескиванию или деформации корпусов компонентов при монтаже, коротким замыканиям из-за конденсата.

Существующие системы управления микроклиматом зачастую функционально избыточны, что сказывается на стоимостных показателях [2, 3]. Кроме того, они имеют ряд недостатков: из-за сложного программного обеспечения снижается быстродействие; возможны «зависания» системы; зависимость системы управления от внешнего питания. Кроме того потребуется доработка системы для адаптации к архитектуре и организационной структуре конкретного складского помещения.

Требования к структуре системы управления микроклиматом:

- многоточечный контроль температуры и влажности;
- высокая точность измерения контролируемых параметров;
- автоматическое управление устройствами вентиляции, кондиционирования или отопления;
- задание диапазона рабочих температур и влажности;
- регистрация данных о контролируемых параметрах;
- простота настройки и монтажа;
- возможность наращивания функционала системы.

Для поддержания заданной влажности воздуха в помещении склада применена приточно-вытяжная вентиляция с обогревом и охлаждением. Этим достигается экономия энергетических и материальных ресурсов при обеспечении требуемого микроклимата в обслуживаемом объекте.

Разработка специализированной системы управления в данном случае нерентабельна. Разработка электрических принципиальных схем, макетирование, разработка программного обеспечения, конструирование печатных плат, узлов и корпусов устройств, входящих в систему, требуют длительного времени и, в у условиях единичного производства, существенных материальных затрат. Применение принципа стандартизации и унификации в данном случае существенно снизит затраты на проектирование и производство системы управления микроклиматом. Для

решения поставленной задачи были применены специализированные контроллеры. Обобщенная структура системы управления микроклиматом приведена на рис. 1.



Рис. 1. Обобщенная структура системы управления микроклиматом складского помещения

В результате анализа существующих предложений для реализации разработанной структуры системы выбраны продукты компании ОВЕН. Компания ОВЕН – ведущий российский разработчик и производитель контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации для различных отраслей промышленности [4]. У компании ОВЕН в продаже имеются программируемые контроллеры, дополнительные модули ввода вывода и контрольно-измерительные приборы. На основе данных устройств можно создать систему приточно-вытяжной вентиляции с поддержанием заданной температуры и влажности. Немаловажной особенностью является то, что продукты компании отечественного производства и имеют сертификат средств измерения.

В качестве основного управляющего контроллера микроклимата выбран ОВЕН ПЛК150 – моноблочный контроллер с дискретными и аналоговыми входами/выходами для автоматизации малых систем. Он обладает следующими преимуществами: высокая надежность работы, расширение количества точек ввода/вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода/вывода; встроенный аккумулятор, позволяет продолжить работу при перебое внешнего электропитания; возможность интеграции в автоматизированные системы управления технологически процессом или предприятием благодаря наличию встроенных последовательных портов (RS-485, RS-232) и Ethernet.

Таким образом, в состав разработанной системы включены:

- контроллер ПЛК150 – управление системой;
- модуль типа MB110 (расширение для аналоговых входов) – измерение температуры, влажности и перепадов давления;
- модуль типа МУ110 (расширение для аналоговых выходов) – управление производительностью вентиляторов, обогревателей и кондиционеров;
- модуль типа МЛ110 – (расширение дискретных входов/выходов) – управление вспомогательными устройствами и жалюзи;
- датчики – измерение температуры и влажности воздуха.

Информация с датчиков через модуль расширения аналоговых входов поступает в контроллер. Выполняется сравнение текущего уровня температуры и влажности с заданными, в случае выявленного отклонения управляющий сигнал поступает на соответствующий входы модуля расширения аналоговых выходов и модуля расширения дискретных выходов и включается оборудование обогрева или охлаждения в той зоне, в которой обнаружено отклонение параметров и, при необходимости, в сопредельных зонах. Информация о выявленных отклонениях оперативно поступает на пульт оператора, возможно ведение архива и формирование отчетности. Для обеспечения равномерного поддержания параметров и определения оптимального количества датчиков и исполнительных устройств, а также областей из размещения, необходимо предварительно выполнить температурное картирование складского помещения. Это позволит более точно учесть особенности расположения окон, дверей, зон складирования и загрузки, расположение вентиляционных отверстий, обогревателей и охлаждающих приборов.

Применение разработанной системы управления микроклиматом складского помещения позволяет достичь оптимальных условий хранения продукции, повысить надежность и эффективность складской системы; обеспечит получение достоверной и своевременной технологической информации; позволит экономить тепловую и электроэнергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микроклимат складских помещений /Консорциум Кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно технической документации [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/874700745/> (дата обращения: 10.03.2019)
2. Официальный сайт компании PROLOGGER Мониторинг температуры склада [Электронный ресурс]. URL: <https://prologger.ru/monitoring-temperature-sklada/> (дата обращения: 10.03.2019)
3. Модуль высокой готовности. ШКПУ – шкафы контроля параметров микроклимата и управления для системы мониторинга [Электронный ресурс] // Журнал

«ИСУП». 2015. № 6 (60). URL: <http://isup.ru/articles/3/8063/> (дата обращения: 10.03.2019).

4. Официальный сайт компании ОВЕН [Электронный ресурс]. URL: <https://www.owen.ru/> (дата обращения: 10.03.2019)

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Н.А. Смирнова, А.Е. Гузанова, А.Т. Кизимов

Научный руководитель – **А.Т. Кизимов**, канд. техн. наук,
профессор

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьёва

Рассматриваются особенности программного и аппаратного обеспечения бесплатформенной инерциально-магнитометрической адаптивной навигационной системы для малоразмерного беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, навигационная система, программная и аппаратная реализация.

STRAP DOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM DESIGN FOR A SMALL UNMANNED AERIAL VEHICLE

N.A. Smirnova, A.E. Guzanova, A.T. Kizimov

Scientific Supervisor – **A.T. Kizimov**, Candidate of Technical
Sciences, Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The paper addresses software and hardware design specifics of a strap down inertial adaptive navigation system for a small UAV.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), strap down inertial adaptive navigation system (SIMANS), software and hardware design.

Основной задачей при разработке навигационных систем для малоразмерных беспилотных летательных аппаратов является создание программируемого модуля, обеспечивающего высокую точность оценки параметров полёта при минимальном использовании вычислительных ресурсов. Для решения поставленной задачи рассматривается аппаратная

и программная реализация бесплатформенной инерциально-магнетрической адаптивной навигационной системы.

Аппаратная часть содержит управляющее устройство, представленное микропроцессором, устройствами хранения информации (Flash-память), оперативной памятью (DDR3) обвязкой питания, штырьковым разъёмом для подключения отлаживающего устройства JTAG и разъёмом интерфейса типа USB 3.0 для чтения данных из «чёрного ящика». Основным требованием, предъявляемым к элементной базе, исходя из поставленной задачи, является минимальный размер элементов.

Встраиваемое программное обеспечение содержит модули, включающие в себя вычисление углов ориентации, скорости и координат, написанное на языке C++. Разработанное программное обеспечение «прошивается» в математический процессор DSP, работающий под управлением масштабируемого процессора реального времени, представленного ядром ARM, выполняющего функции вычислителя в составе микропроцессорной системы.

Для получения и отправки телеметрической информации с входов интерфейсной системы микропроцессора требуются драйверы, разработка которых не предусматривалась, поэтому входные и выходные данные представлены в библиотеках с расширением .h и не имеют действующих подключений.

Написание оптимального программного обеспечения, встраиваемого в процессор минимальной конфигурации возможно при определённой математической реализации, предусматривающей расчёт углов ориентации (крен, тангаж и рысканье), угловых и линейных скоростей, координат местоположения летательного аппарата, углов сноса и пути.

В качестве исследуемой была выбрана математическая модель автоматической вычислительной системы, построенной на основе эволюционного метода медленной подстройки вычисляемых параметров, обеспечивающего структурную устойчивость, специальным образом организованных обратных отрицательных связей с соответствующими передаточными функциями, и параметрической устойчивости, достигаемой выбором соответствующих коэффициентов передачи в цепях обратных связей. Выбранная математическая модель обеспечивает достаточно высокое быстродействие, требует использования меньшего объёма вычислительных ресурсов по сравнению с навигационной системой, построенной на основе фильтра Калмана, гарантирует удовлетворительный конечный результат. Обобщённая структура разрабатываемой навигационной системы представлена на рис. 1.

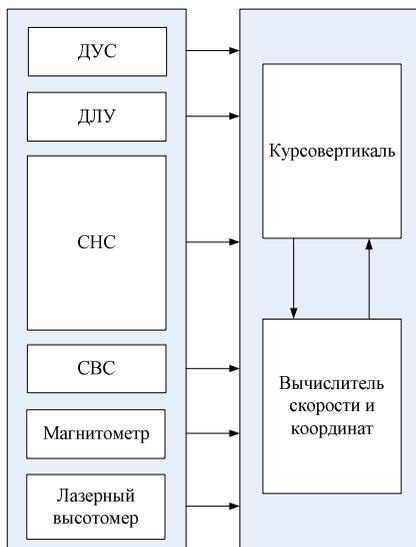


Рис. 1. Функциональная схема навигационной системы

кинематическими параметрами Родрига-Гамильтона, который используется для описания вращательного движения ЛА. Показания лазерного высотомера используются для начальной выставки баровысотомера, встроенного в систему воздушных сигналов (СВС). Приводится угол рысканья в соответствии с магнитным курсом.

Курсовертикаль, вычислитель скорости и координат подстраиваются по показаниям магнитометра и СНС. Выполняется грубая и точная подстройка ДУС. Помимо коррекции, осуществляемой с использованием внешней информации, в процессе полёта ЛА проводится взаимная подстройка блоков навигационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. В 2-х кн.: Кн. 2. Робототехнические комплексы на основе БЛА: монография / Под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. М.: Радиотехника. 2016. 824 с.
2. Построение пространственной бесплатформенной инерциальной курсовертикали с применением кватернионов / А.Т. Кизимов, Д.Р. Березин, Д.А. Летунов, М.А. Лебедев // Датчики и системы: научный журнал. 2012. № 7. – С. 13–17.
3. Бесплатформенная инерциальная курсовертикаль на чувствительных элементах высокой точности. Патент RU №2615032. Приоритет от 06.10.2015. Опубликовано 03.04.2017. Бюл. № 10.

В навигационной системе предусмотрена начальная выставка датчиков первичной информации и навигационных параметров в период подготовки летательного аппарата (ЛА) на взлётно-посадочной полосе (ВПП). Спутниковая навигационная система (СНС) определяет геодезические координаты исходного положения ЛА. По показаниям датчиков линейных ускорений (ДЛУ) определяется положение вертикали и начальные углы крена и тангажа. По угловой скорости вращения Земли и показаниям датчиков угловых скоростей (ДУС) вычисляется угол рысканья (угловое положение строительной оси ЛА относительно направления на географический север). Вычисляется начальный кватернион с

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБРОТНОСТИ ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.Д. Боровков, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность использования добротности в качестве критерия для поиска настроечных параметров ПИ-регуляторов для многосвязных технологических процессов

***Ключевые слова:** многосвязный объект управления, ПИ-регулятор, добротность.*

THE ANALYSIS OF POSSIBILITY OF USING Q-FACTOR TO CONFIGURE THE CONTROL SYSTEMS OF MULTIVARIABLE OBJECT

V.D. Borovkov, Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of using q-factor as a criterion for finding the tuning parameters of PI-regulators for multivariable technical process.

***Keywords:** multidimensional control object, PI-controller, q-factor.*

В последнее время на предприятиях все чаще применяются сложные и масштабные технологические процессы. И из-за роста требований к качеству продукции все чаще применяются многосвязные системы регулирования. При настройке регуляторов для многосвязных объектов с сильными перекрестными связями нельзя настраивать каждую подсистему в отдельности. Потому что получившаяся система регулирования не будет обладать требуемым качеством так как не учитывает влияние под-

систем друг на друга [1]. Перекрестные связи в многосвязных системах передают воздействия от одного канала объекта в другие. Таким образом, колебания в одной подсистеме могут привести к большим колебаниям в другой.[2] Большинство методов настройки многосвязных систем регулирования либо обладают большой вычислительной сложностью, либо имеют итерационный характер. Поэтому такие методы редко используются в инженерных расчетах, а используется независимая настройка контуров. Чтобы повысить качество (например, снизить интегральную квадратичную оценку такой независимо настроенной системы), можно посчитать настроечные параметры отдельных контуров с учетом взаимодействия подсистем, используя при этом в качестве критерия добротность каналов. Такой подход позволит повысить качество регулирования без сложных вычислений, так как для расчета добротности требуется знать только амплитудно-частотную характеристику замкнутой системы.

Любая система автоматического регулирования с ПИ-регулятором является колебательной. Качественным параметром, определяющим колебательные свойства системы, является ее добротность. Это отношение частоты резонанса к ширине полосы усиливающихся частот на амплитудно-частотной характеристике системы. Для расчетов добротности берется полоса частот, амплитудная характеристика для которых больше 0,707 от резонансного значения амплитудной характеристики [3]. Чем выше добротность колебательной системы, тем лучше ее качество. Это можно отнести и к системам регулирования. Таким образом, максимизируя добротность системы по отдельным каналам, можно улучшить качество регулирования.

Для примера рассмотрим классическую двухсвязную систему регулирования. Объектом будет апериодическое звено второго порядка с запаздыванием. Матричная передаточная функция объекта будет иметь следующий вид:

$$W(p) = \begin{bmatrix} \frac{10 \cdot e^{-2 \cdot p}}{(50 \cdot p + 1) \cdot (40 \cdot p + 1)} & \frac{7 \cdot e^{-4 \cdot p}}{(30 \cdot p + 1) \cdot (70 \cdot p + 1)} \\ \frac{6 \cdot e^{-3 \cdot p}}{(10 \cdot p + 1) \cdot (40 \cdot p + 1)} & \frac{12 \cdot e^{-p}}{(30 \cdot p + 1) \cdot (10 \cdot p + 1)} \end{bmatrix}.$$

В качестве регуляторов используем ПИ-регулятор. Схема системы управления представлена на рис. 1.

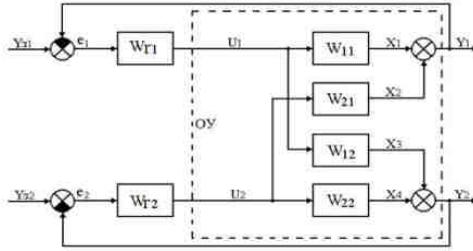


Рис. 1. Схема двухсвязной системы регулирования

Для двухсвязной системы регулирования передаточные функции замкнутой системы по каналам определяются следующим образом

$$W_{S11}(p) = \frac{W_{11}(p) - W_{Z1}(p)}{1 + W_{r1}(p) \cdot (W_{11}(p) - W_{Z1}(p))},$$

$$W_{S22}(p) = \frac{W_{22}(p) - W_{Z2}(p)}{1 + W_{r2}(p) \cdot (W_{22}(p) - W_{Z2}(p))},$$

$$W_{S12}(p) = \frac{\frac{W_{12}(p)}{1 + W_{r1}(p) \cdot W_{11}(p)}}{1 + W_{r2}(p) \cdot (W_{22}(p) - W_{Z2}(p))},$$

$$W_{S21}(p) = \frac{\frac{W_{21}(p)}{1 + W_{r2}(p) \cdot W_{22}(p)}}{1 + W_{r1}(p) \cdot (W_{11}(p) - W_{Z1}(p))},$$

где

$$W_{Z1}(p) = \frac{W_{12}(p) \cdot W_{21}(p) \cdot W_{r2}(p)}{1 + W_{22}(p) \cdot W_{r2}(p)},$$

$$W_{Z2}(p) = \frac{W_{12}(p) \cdot W_{21}(p) \cdot W_{r1}(p)}{1 + W_{11}(p) \cdot W_{r1}(p)}.$$

Для регуляторов определим настройки методом расширенных частотных характеристик. Второй регулятор подстроим с учетом влияния систем друг на друга. Для этого найдем зависимость добротности системы от частоты подсистемы со вторым регулятором. При условии, что все настройки второго регулятора будут находиться на одной кривой равной степени колебательности. Зависимость добротности системы от частоты второго регулирующего контура, полученная с помощью вычислительных экспериментов, представлена на рис. 2.

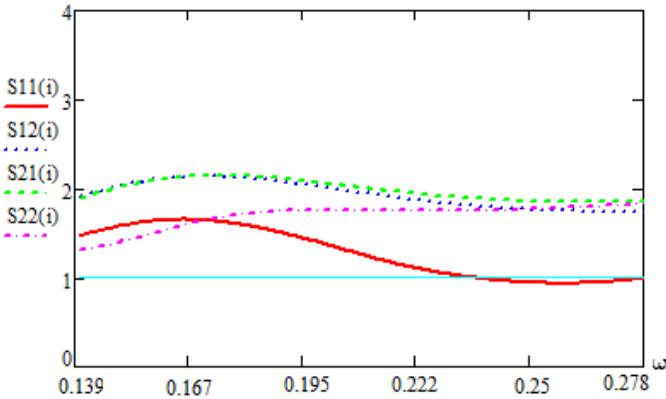


Рис. 2. График зависимости добротности системы по каналам от частоты второй подсистемы

Максимум добротности по перекрестному каналу находится в точке с частотой $\omega=0,174$. Настройки второго регулятора при этом равны: $S_0 = 0.019$, $S_1 = 0.792$. Настройки первого регулятора – $S_0 = 0.00789$, $S_1 = 0.774$. Построим кривые разгона по каналам $W_{11}(p)$ и $W_{12}(p)$ на возмущение в первой подсистеме при зависимо и не зависимо найденных настройках регулятора во второй подсистеме. Графики изображены на рис. 3. Синей линией показан переходный процесс в системе с независимо найденными настроечными параметрами, а красной – в системе с настроечными параметрами, найденными в зависимости от добротности контуров.

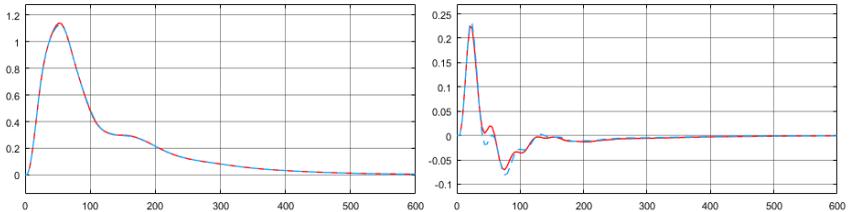


Рис. 3. Реакция на ступенчатое воздействие в каналах $W_{11}(p)$ и $W_{12}(p)$

Как видно из рис. 3, качество переходных процессов в системе регулирования с настройками, найденными с использованием в качестве критерия добротности каналов, не отличается от качества переходных

процессов в системе, настроечные параметры регуляторов в которой найдены независимо друг от друга. Поэтому добротность каналов многосвязной системы регулирования можно использовать в качестве критерия для поиска настроек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Яковис Л.М.* От единого информационного пространства к единому пространству управления производством // Автоматизация в промышленности. 2013. № 1. С. 20-26.
2. *Яковис Л.М.* Автоматизированный расчет типовых регуляторов для многосвязных объектов управления / Л.М. Яковис, К.В. Спорягин // Автоматизация в промышленности. 2018. № 4. С. 58-64.
3. *Дядик В.Ф.* Теория автоматического управления: учебное пособие / В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Криницин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 196 с.

СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

УДК 006.85:658.652

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0

А.С. Богодухова, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье для наглядного представления процесса производственного контроля была построена модель с применением методологии функционального моделирования IDEF0.

***Ключевые слова:** производственный контроль, стандартизация, моделирование процессов.*

MODELING OF THE MANUFACTURING SUPERVISION PROCESS BY USING IDEF0 METHODOLOGY

A.S. Bogodukhova, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

In this article, for a visual representation of the process of manufacturing supervision, a model was built by using the methodology of functional modeling IDEF0.

***Keywords:** manufacturing supervision, standardization, process modeling.*

Производственный контроль – это контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, проводящийся юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в соответствии с осуществляемой

ими деятельностью в целях обеспечения безопасности и (или) безвредности для человека и среды обитания вредного влияния объектов производственного контроля путем должного выполнения санитарных правил, санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, организации и осуществления контроля за их соблюдением [1].

Производственный контроль (далее ПК) – это процесс, которым необходимо управлять. Под процессом понимается совокупность взаимосвязанных и (или) взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для получения намеченного результата [2]. Организация должна определить все процессы ПК, необходимые для выполнения требований к производству, обеспечивающему выпуск безопасной продукции. Для этого необходимо определить:

- требуемые входы и ожидаемые выходы процессов;
- последовательность и взаимодействие процессов;
- критерии и методы, необходимые для процессов и управления ими;
- взаимозависимости процессов и анализ влияния изменений отдельного процесса на систему в целом;
- ресурсы, необходимые для процессов и обеспечение их доступности;
- обязанности, ответственность и полномочия в отношении процессов;
- необходимость изменения и улучшения процессов;
- документированную информацию для обеспечения функционирования процессов.

Каждый процесс ПК рассматривается с точки зрения добавления им ценности. Выходы одного процесса ПК являются входами для другого процесса, связаны друг с другом и представляют собой целостную систему.

Для структурирования и управления процессами ПК, необходимо построить модель процесса ПК. Для моделирования процессов применяются различные методы, такие как: Integration Definition for Function Modeling (IDEF), Architecture of Integrated Information Systems (ARIS), Business Process Modeling Notation (BPMN) [3]. IDEF представляет собой комплекс различных методов : IDEF0, IDEF1, IDEF1X , IDEF2, IDEF3, IDEF4, IDEF5. Требования к построению моделей процесса в методе IDEF0 нормируются рекомендациями по стандартизации [4] , что является его отличительной чертой. Методология функционального моделирования IDEF0 применяется для создания функциональных моделей процессов, которые представлены в виде взаимосвязанных видов деятельности – системы. На рис. 1 представлена контекстная диаграмма процесса ПК. Рис. 2 отображает подпроцессы ПК и является декомпозицией кон-

текстной диаграммы. На рис. 3–5 изображены операции, которые представляют собой декомпозицию подпроцессов ПК.

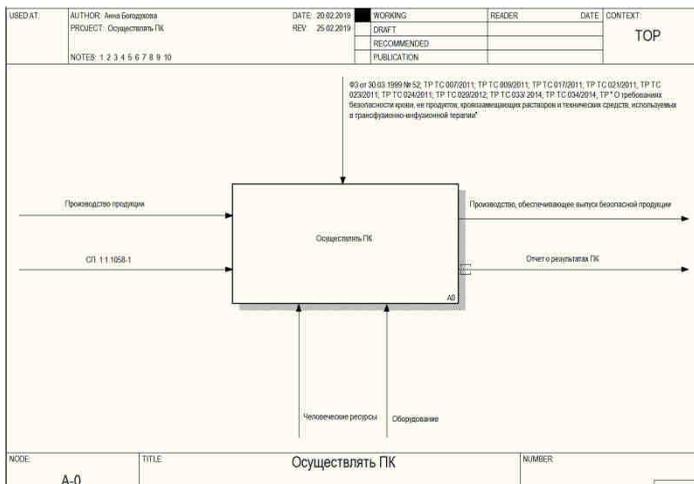


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса ПК

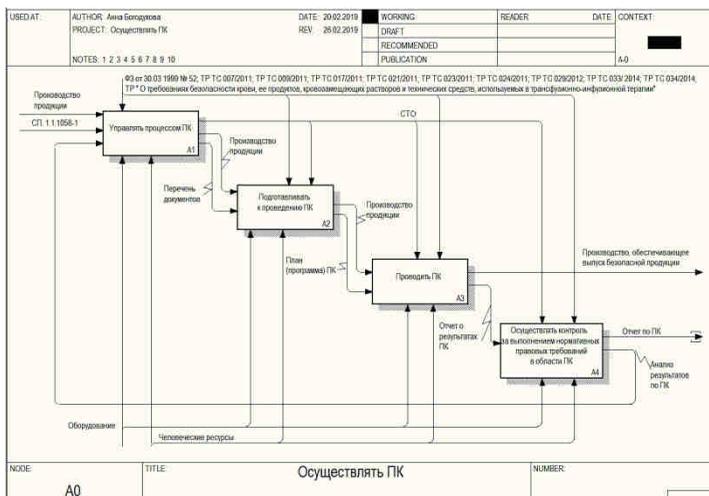


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы процесса ПК

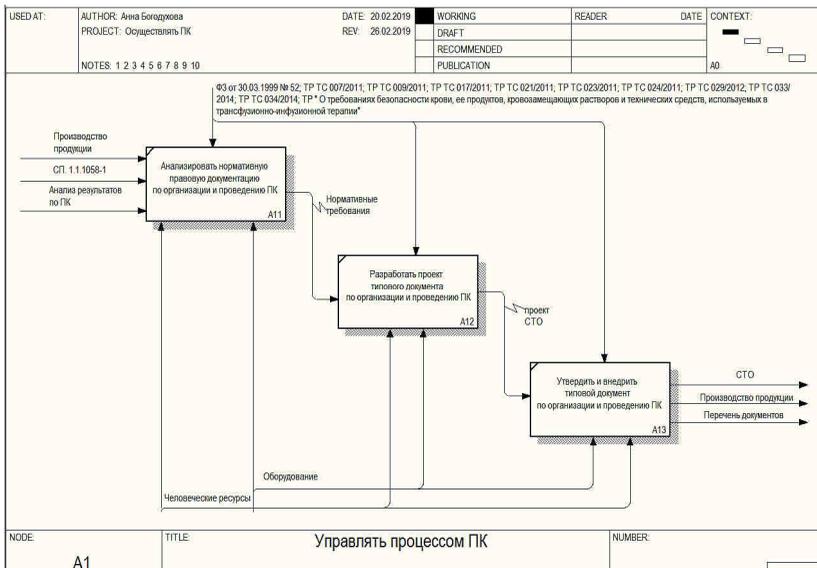


Рис. 3. Декомпозиция блока «Управлять процессом ПК»

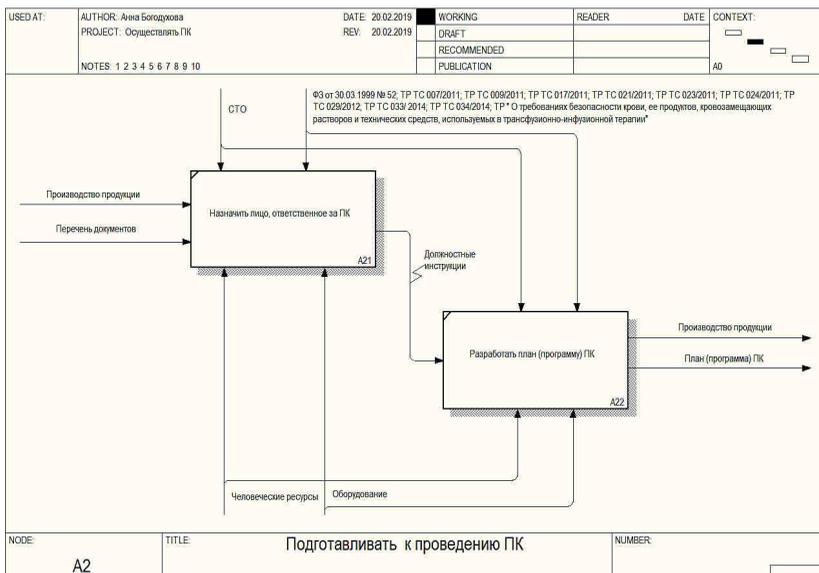


Рис. 4. Декомпозиция блока «Подготавливать к проведению ПК»

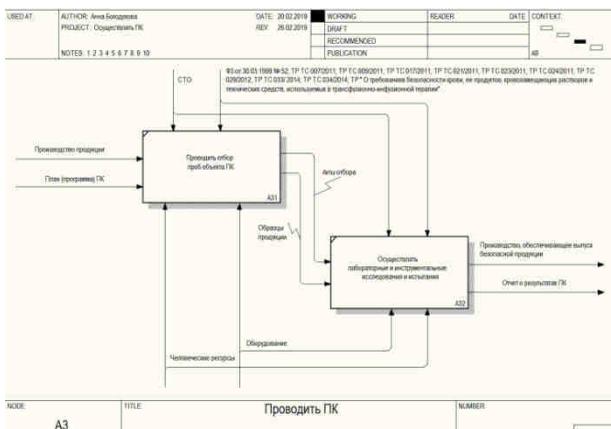


Рис. 5. Декомпозиция блока «Проводить ПК»

Таким образом, анализ построенной модели свидетельствует о необходимости разработки типового документа, регламентирующего порядок организации и проведения производственного контроля в организации. Таким документом может быть стандарт организации (далее СТО), включающий такие обязательные разделы как:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины и определения, сокращения;
- порядок проведения ПК;
- приложения;
- библиографические данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13 июля 2001 г. №18 «О введении в действие СП 1.1.1058–01 Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2016. 71 с.
3. *Ланцев Е.А.* Имитационное моделирование бизнес-процессов склада с применением агентского подхода / Е.А. Ланцев, М.Г. Доррер // Вестник КрасГАУ. 2013. № 5. С.43-49.
4. Р 50.1.028 -2001 Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования (приняты и введены в действие Постановлением Госстандарта России от 02.07.2001 № 256-ст).

УДК 531.714.2

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ж.С. Котова, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основные проблемы внедрения координатно-измерительных машин на предприятиях.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, управляющая программа.

PROBLEMS OF INTRODUCTION OF COORDINATE MEASURING MACHINES FOR MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

Zh.S. Kotova, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main problems of implementation of coordinate measuring machines at enterprises are considered.

Keywords: coordinate measuring machine, control program.

Эффективность измерительного оборудования в настоящее время играет важную роль. Использование координатно-измерительных машин (КИМ) на производстве значительно повышает уровень метрологического обеспечения предприятия. КИМ является актуальным средством контроля благодаря их широкой универсальности и высокому уровню автоматизации.

Современные КИМ достаточно распространены и широко используются предприятиями, однако стоит отметить несколько проблем их внедрения.

На координатно-измерительные машины распространяется Международный стандарт ИСО 10360, который устанавливает порядок проведения их приемочных (предназначенных для проверки соответствия характеристик КИМ установленным производителем нормам) и перепроверочных (дающих возможность пользователю периодически перепроверять характеристики КИМ) испытаний [1].

Международный стандарт ИСО 10360 состоит из объединенных общим наименованием «Геометрические характеристики изделий. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин (КИМ)» следующих частей[1]:

- Часть 1 (ИСО 10360-1): Словарь;
- Часть 2 (ИСО 10360-2): Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров;
- Часть 3 (ИСО 10360-3): Координатно-измерительные машины с осью поворотного стола в качестве четвертой оси;
- Часть 4 (ИСО 10360-4): Координатно-измерительные машины, применяемые в режиме сканирования;
- Часть 5 (ИСО 10360-5): Координатно-измерительные машины, использующие одно- и многощуповые контактные зондирующие системы;
- Часть 6 (ИСО 10360-6): Оценка погрешностей при расчете Гауссовых присоединенных элементов;
- Часть 7 (ИСО 10360-7): Координатно-измерительные машины, оснащенные видеосистемами сбора данных.

На основе международных стандартов серии ИСО 10360 разработаны национальные стандарты, определяющие испытания приемки КИМ.

ГОСТ Р ИСО 10360-1-2017 [1] устанавливает терминологию в области КИМ и их приемочных и перепроверочных испытаний.

ГОСТ Р ИСО 10360-2-2017 [2] распространяется на координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров, и устанавливает порядок проведения их приемочных и перепроверочных испытаний.

Описанные приемочные и перепроверочные испытания непосредственно применимы только к КИМ, представляющим собой физическую реализацию прямоугольной системы координат и оборудованным функ-

ционирующими в режиме дискретного зондирования контактными зондирующими системами.

ГОСТ Р ИСО 10360-3-2017[3] распространяется на координатно-измерительные машины с осью поворотного стола в качестве четвертой оси и устанавливает порядок проведения их приемочных и перепроверочных испытаний[3].

ГОСТ Р ИСО 10360-4-2017 [4] распространяется на координатно-измерительные машины, используемые в режиме сканирования, и устанавливает порядок проведения их приемочных и перепроверочных испытаний.

Описанные в данном стандарте приемочные и перепроверочные испытания применимы только к КИМ, выполняющим сканирование посредством контактной зондирующей системы любого типа[4].

ГОСТ Р ИСО 10360-5-2017 [5] устанавливает порядок проведения приемочных и периодических перепроверочных испытаний координатно-измерительных машин с контактными зондирующими системами и распространяется только на КИМ, использующие:

- контактную зондирующую систему любого типа;
- режим дискретного зондирования;
- сферические или полусферические наконечники щупов.

Настоящий стандарт дополняет ГОСТ Р ИСО 10360-7 [6], относящийся к КИМ с видеотехническими зондирующими системами, и ГОСТ ИСО 10360-2 [2], который является универсальным, т.к. не устанавливает требований к типу датчика.

Описанные приемочные и перепроверочные испытания непосредственно применимы только к КИМ, типы которых указаны в области применения вышеперечисленных стандартов.

В связи с современными тенденциями развития производства появляются различные типы КИМ не описанные в данной серии стандартов. Исходя из анализа, можно сделать вывод о нехватке стандартов, распространяющихся на координатно-измерительные машины в части их применения.

Использование КИМ возможно с помощью управляющей программы или в ручном режиме. Ручной режим используется для контроля каких-либо единичных параметров детали или детали простой конфигурации. Управляющая программа или стратегия измерения составляется непосредственно оператором.

Высококвалифицированный персонал – важная составляющая конкурентоспособности любого предприятия. Инженер координатно-измерительной техники должен обладать широким спектром знаний, чтобы получать достоверные результаты. Требуемые навыки для специалиста в этой области не только достаточно обширны, но и берут начало в

различных прикладных наук: основы метрологии и машиностроительного производства, работа с чертежами и САПР, знание координатно-измерительной техники, понимание стандартов и методов менеджмента качества, уверенные навыки работы на компьютере, понимание основ статистики и аналитической геометрии. Следовательно, специально обученный высококвалифицированный персонал является неотъемлемой частью в процессе внедрения КИМ.

Таким образом, можно выделить следующие проблемы внедрения КИМ на машиностроительных предприятиях:

- нехватка стандартов в области применения КИМ;
- необходимость в подготовке специализированного высококвалифицированного персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 10360-1-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Словарь. М.: Стандартиформ, 2018. С. 27.
2. ГОСТ Р ИСО 10360-2-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров. М.: Стандартиформ, 2018. С. 27.
3. ГОСТ Р ИСО 10360-3-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины с осью поворотного стола в качестве четвертой оси. М.: Стандартиформ, 2018. С. 11.
4. ГОСТ Р ИСО 10360-4-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые в режиме сканирования. М.: Стандартиформ, 2018. С. 12.
5. ГОСТ Р ИСО 10360-5-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, использующие одно- и многощуповые контактные зондирующие системы. М.: Стандартиформ, 2018. С. 26.
6. ГОСТ Р ИСО 10360-7-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, оснащенные видеосистемами сбора данных. М.: Стандартиформ, 2018. С. 26.

СИСТЕМА ЗНАНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.Н. Погоньшева, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев

Научный руководитель – **К.И. Порсев**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрена проблема несовершенства организационной составляющей при реализации информационного обеспечения на предприятии. Предложен подход, направленный на разрешение данной проблемы.

***Ключевые слова:** информационное обеспечение, менеджмент знаний.*

KNOWLEDGE SYSTEM AS AN ELEMENT OF INFORMATION SUPPORT OF ORGANIZATION

E.N. Pogonysheva, V.F. Ershova, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – **K.I. Porsev**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The problem of weakness of the organizational component at the realization of information support at the organization was considered. An approach aimed to solving this problem is proposed.

***Keywords:** information support, knowledge management.*

В настоящее время актуальным является поиск направлений, связанных с совершенствованием информационного обеспечения (ИО) предприятий. Под ИО следует понимать совокупность единой актуальной систематизированной информации, перемещающейся в информационной системе, выполняющей функции повышения эффективности и упорядочения деятельности аппарата путем предоставления информации пользователям в соответствии с их потребностями.

В результате анализа основных направлений совершенствования ИО установлены два основных подхода, описание которых представлено в табл. 1.

Таблица 1. Направления совершенствования информационного обеспечения предприятия [1]

Подход	Особенности реализации	Размер предприятия
Совершенствование отдельных видов работ путем применение универсальных информационных технологий	Реализация как на отдельном ПК, так и в рамках локальной сети; возможность сразу оценить эффективность от внедрения новых информационных технологий	Наиболее предпочтительно для малых и средних предприятий
Комплексное внедрение информационных технологий во все сферы документационного обеспечения управления	Требует наличия больших ресурсов (финансовых, людских), продолжительного временного периода реализации	Наиболее предпочтительно для крупных организаций

Тем не менее существенным недостатком подходов, рассмотренных в табл. 1, является малая связь организационной составляющей совершенствования ИО.

В настоящее время особую направленность приобретает применение технологий управления знаниями в целях совершенствования ИО предприятий.

Под менеджментом знаний подразумевают плановое или текущее проведение отдельных мероприятий или непрерывное управление процессами для улучшения использования существующих или создания новых индивидуальных или коллективных ресурсов знаний с целью повышения конкурентоспособности предприятия [2].

Менеджмент знаний рассматривает корпоративное знание как ценный актив и нацелен на его оптимальное использование и развитие [3].

Составляющей менеджмента знаний является система знаний. Под системой знаний понимается совокупность информации, которая отражает свойства и связи отдельных сведений, процессов и отношений между ними.

В настоящее время подходы реализации знаний на предприятии основаны на технической составляющей, описание которой приведено в табл. 2.

Таблица 2. Требования знаний в отношении ИО и их реализация

Знания и ИО	Методы реализации
Внедрение системы знаний в структуру информационного обеспечения организаций	В структуре организации создаются онлайн-сервисы (Google Диск); корпоративные порталы, которые позволяют коллективно работать над проектами и документами (Корпоративная энциклопедия Wiki).
Внедрение и эксплуатация методов и средств проведения информационной деятельности в процессах управления знаниями, а также обеспечение информационной безопасности	Для обеспечения информационной безопасности на предприятии необходимо внедрить шифровальщики, DLP-системы и SIEM-системы, исключающих утечки данных через компьютерную сеть

Несмотря на всю превалирующую техническую сторону мероприятий, представленных в табл. 2, данные методы не всегда эффективны на практике из-за низкой стороны организационной составляющей. Повсеместно наблюдаемое внедрение данных программ зачастую не приносит требуемого результата. В связи с этим нами предлагается другой алгоритм мероприятий, суть которого заключается в переходе от технической стороны к организационно-управленческой.

Мероприятия, необходимые для реализации организационной составляющей предприятия:

1. Разработка стратегии организации применительно к системе управления знаниями должна быть направлена на реализацию:
 - постоянной интеграции знаний в работу компании, представление этих знаний в виде, удобном для персонала;
 - возможности анализировать информацию из корпоративной базы знаний;
 - постоянной поддержки формирования новой информации и знаний.
2. Создание внутренних нормативных документов, регламентирующих функции, задачи и общую структуру предприятия. Они регулируют организацию его работы, а также обязанности и права персонала, позволяют создать корпоративную культуру, где знания являются корпоративной ценностью.
3. Обучение персонала на местах направлено на развитие индивидуальной компетенции работников, путем их обучения на рабочем месте без отрыва от производства. Реализуя данное мероприятие, органи-

зация снизит текучесть кадров, получит высокопрофессиональных кадров, способных решать сложные задачи, сформирует кадровый резерв.

Таким образом, следует сделать вывод о возможности эффективного использования системы знаний на предприятии в целях совершенствования информационного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воловикова Б.* Формирование инновационно-маркетинговой стратегии на основе исследований целевого сегмента / Б. Воловикова // Маркетинговое и стратегическое планирование. 2013. № 1. С. 1-6.
2. ГОСТ Р 54875-2011 Менеджмент знаний. Руководство по устоявшейся практике внедрения системы менеджмента знаний. М.: Стандартинформ. 2014. 16 с.
3. *Mentzas G.N.* Two faces of knowledge management. Internationals Consultants Guide, 2000. P. 10-11.

**АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЭТАПЕ
ФОРМОВАНИЯ**

Г.Н. Поварницина, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ метрологического обеспечения технологического процесса производства железобетонных изделий на этапе формования. Представлена декомпозиция контекстной диаграммы процесса формования и фрагмент таблицы, отражающий результаты анализа соответствия метрологического обеспечения предприятия требованиям нормативной документации на этапе укладки и уплотнения бетонной смеси. Установлена потребность в необходимых средствах измерений.

***Ключевые слова:** метрологическое обеспечение; технологический процесс; железобетонные изделия*

**ANALYSIS OF THE METROLOGICAL SUPPORT
OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF REINFORCED
CONCRETE PRODUCTION AT THE MOLDING STAGE**

G.N. Povarnitsina, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the metrological support of the technological process for the reinforced concrete production at the molding stage is provided. The decomposition of the context diagram of the molding process and a fragment of the table are presented, reflecting the results of the analysis of the metrological support of the enterprise to the requirements of the regulatory documentation at the stage of laying and compacting the concrete mix. The possibility of the measuring instrument requirement is considered.

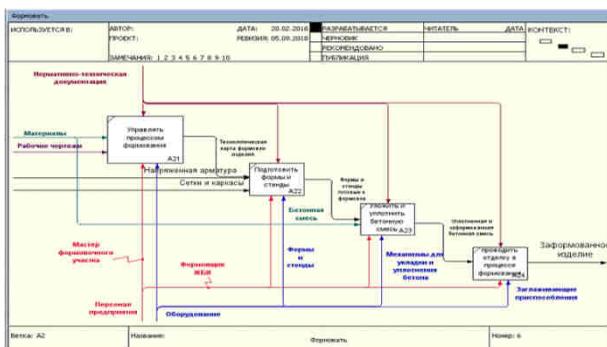
***Keywords:** metrological support; technological process; concrete products*

Основа производства сборного железобетона – стабильность качественных характеристик, высокая степень уплотнения, заданная точность геометрических размеров, надежность и высокая заводская готовность

элементов. Эти требования достигаются метрологическим обеспечением производства на предприятиях строительной отрасли.

Объектом данного исследования стал завод ОАО «Стройконструкция», на примере которого проведен анализ метрологического обеспечения предприятия на этапе формования.

В общем технологическом комплексе изготовления железобетонных изделий (ЖБИ) операции формования и ускоренного твердения бетона занимают определяющее место. Все другие операции – приготовление бетонной смеси, изготовление арматуры – являются подготовительными [1]. Формование включает укладку бетонной смеси в форму и ее уплотнение, а также заглаживание верхней открытой поверхности изделия [2]. Модель процесса формования бетона, построенная с применением методологии функционального моделирования IDEF0 представлена на рисунке. Использование данной методологии обусловлено тем, что она подробно отображает структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями. Каждый этап представлен в виде блока. Модель процесса формования бетона является вторым этапом технологического процесса производства ЖБИ, поэтому ей соответствует код – А2.



Декомпозиция контекстной диаграммы процесса производства железобетонных изделий на этапе формования

На основании построенной модели технологического процесса составлен перечень средств измерений (СИ), необходимых для контроля измеряемых параметров блока А23 «Уложить и уплотнить бетонную смесь».

После определения перечня средств измерений, регламентируемых нормативными документами, был составлен аналогичный перечень СИ, применяемых на предприятии. Данные, используемые на ОАО «Стройконструкция», средств измерений приводятся в столбцах с 8 по 10 таблицы.

Анализ средств измерений для контроля процесса формования

Но- мер блока	Наименова- ние этапа	Норма- тивная доку- ментация	Измеряемый параметр	Средство измерений						Соответ- ствует (+) / не соответ- ствует (-)
				согласно нормативным документам			на ОАО «Стройконструкция»			
				Наименование	Предел изме- рений	Класс точности	Наименование	Предел измерений	Класс точности	
23	Уложить и уплотнить бетонную смесь	ГОСТ 10181- 2014 [3]	подвижность бетонной смеси	линейка металличе- ская измерительная	150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм*	1	линейка металличе- ская измерительная	500 мм	1	+
				секундомер	9999,99 с	2	-	-	-	-
			жесткость бе- тонной смеси	секундомер	9999,99 с	2	-	-	-	-
				расслаивае- мость	посуда мерная лабо- раторная стеклян- ная	5000 мл*	1, 2	Мерная цилиндри- ческая посуда «МП»	1000 мл 5000 мл 10000 мл	2
			линейка металличе- ская измерительная		150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм*	1	линейка металличе- ская измерительная	500 мм	1	+
			среднюю плотность	весы лабораторные	от 1000 г *	3	Весы технические ВА-4м	1000 г	4	+
					линейка металличе- ская измерительная	150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм*	1	Весы циферблатные РН 10Ц-ВУ	10000 г	3
линейка металличе- ская измерительная	150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм*	1	линейка металличе- ская измерительная	500 мм	1	+				

Окончание таблицы

Но- мер блока	Наименова- ние этапа	Норма- тивная доку- ментация	Измеряемый параметр	Средство измерений						Соответ- ствует (+) / не соответ- ствует (-)
				согласно нормативным документам			на ОАО «Стройконструкция»			
				Наименование	Предел изме- рений	Класс точности	Наименование	Предел измерений	Класс точности	
			объем вовле- ченного воз- духа	поромер	2000; 8000 см ³ *	1	-	-	-	-
				объёмомер	5000; 10000 см ³ *	1	-	-	-	-
				весы лабораторные	от 1000 г*	3	Весы технические ВА-4м	1000 г	4	+
							Весы циферблатные РН 10Ц-ВУ	10000 г	3	+
			посуда мерная ла- бораторная стек- лянная	5000 мл*	1,2	Мерная цилиндри- ческая посуда «МП»	1000 мл 5000 мл 10000 мл	2	+	

* - в зависимости от размеров измеряемого параметра

В данной работе подробно рассмотрен этап укладки и уплотнения бетонной смеси. На основании данных из таблицы необходимо провести сравнение соответствия средств измерений, используемых на предприятии ОАО «Стройконструкция», относительно средств измерений требуемых ГОСТ 10181-2014 [3].

При рассмотрении таблицы установлено, что не все средства измерений, применяемые в организации, соответствуют требованиям нормативных документов, также на некоторых этапах технологического процесса формирования средства измерений отсутствуют.

Для контроля времени при испытаниях на определение уровня подвижности и жесткости бетонной смеси отсутствует секундомер. Жесткость бетонной смеси характеризуется временем вибрации в секундах, необходимым для уплотнения бетонной смеси, а при определении подвижности бетонной смеси контролируется время, затраченное на каждую операцию, поэтому при отсутствии секундомера невозможно проверить данные свойства бетонной смеси.

Для контроля объема вовлеченного воздуха или газа в бетонной смеси отсутствуют поромер и объёмомер, поэтому пористость бетонной смеси также невозможно проверить. Паромер используется для определения объема вовлеченного воздуха компрессионным методом, а объёмомер объемным методом. Вместимость чаши данных приборов зависит от наибольшей крупности зерен фракции заполнителя. Для наибольшей крупности до 20 мм вместимость чаши поромера составляет 2000 см^3 , а объёмомера 5000 см^3 , а для крупности 40 мм вместимость чаши поромера составляет 8000 см^3 и 1000 см^3 для объёмомера.

Таким образом, в результате проведенного анализа было установлено, что для проведения контроля всех параметров при производстве железобетонных изделий на этапах укладки и уплотнения бетонной смеси необходимо обеспечить предприятие секундомером с классом точности 2 и пределом измерений до 9999,99 с, поромером с классом точности 1 и вместимостью чаши 2000 см^3 и 8000 см^3 и объёмомером с классом точности 1 и вместимостью чаши 5000 см^3 и 10000 см^3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Онищенко В.В.* Справочник строительных материалов. М.: Фолио, 2009. 323 с.
2. СП 130.13330–2011 «Производство сборных железобетонных конструкций». М.: «Стройиздат», 2011. 21 с.
3. ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний». М.: «Стандартинформ», 2014. 31 с.

УДК 004.051

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Ю.А. Реутова, К.И. Порсев

Научный руководитель – **К.И. Порсев**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

В статье произведён анализ проблем внедрения CALS-технологий. Рассмотрена возможность интеграции базовых принципов CALS и производственного менеджмента для решения существующих проблем.

***Ключевые слова:** информационная поддержка, системы менеджмента, CALS-технологии.*

PRODUCTION MANAGEMENT IN INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT

Yu.A. Reutova, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – **K.I. Porsev**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the problems of implementing CALS technologies. CALS and production management to solve existing problems are considered.

***Keywords:** information support, management systems, CALS-technologies.*

В настоящее время одним из наиболее эффективных способов информационной поддержки бизнес-процессов является применение электронного документооборота, подразумевающее создание интегрированной информационной среды [1]. Одним из перспективных путей эффективной реализации электронного документооборота (ЭДО) может стать применение концепции CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support), суть которой заключается в обеспечении непрерывной информационной поддержки продукции на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ).

CALS позволяет преобразовать традиционную технологию управления в автоматизированную информационно-управляющую систему. При этом новая технология сводится к настройке процессов и параметров

интегрированной информационной среды, которая реализует эффективный обмен информацией между всеми компонентами системы менеджмента [2].

Несмотря на распространенность и востребованность CALS на отечественных предприятиях, с момента возникновения CALS в условиях современного уровня научно-технического прогресса совокупность инвариантных понятий изменяется ограничено, что порождает ряд проблем с обеспечением информационной поддержки, суть которых в некомплексной, локальной реализации стратегии CALS. Причина этому, на наш взгляд, – несовершенство аппарата внедрения CALS.

Одним из методов решения этих проблем, по нашему мнению, может стать дополнение стандартной структуры производственного управления системой производственного менеджмента.

В ходе нормативно-методологического анализа условий реализации производственного менеджмента нами оценена возможность интеграции базовых принципов в положения нормативных документов и стандартов на систему менеджмента.

Результат анализа степени интеграции базовых принципов CALS [3] и методов производственного менеджмента приведён в табл. 1.

Таблица 1. Анализ интеграции базовых принципов CALS в систему производственного менеджмента [4, 5]

Базовый принцип CALS	Интеграция в систему производственного менеджмента
Системный подход к реализации этапов ЖЦП	Осуществляется применением, в большей степени, административных методов производственного менеджмента к последовательному контролю хода выполнения каждой процедуры
Синхронный инжиниринг	Достигается использованием комплекса организационных, экономических и социально-психологических методов к сопряженной инженерной работе по анализу необходимой структуры оборудования, функциональности технологического процесса, процедуры управления
Ориентация на типовые решения	Исполняется в рамках применения административных методов производственного менеджмента к действиям по управлению разработкой общей рецептуры
Электронный документооборот	Реализуется с помощью организационных методов ПИМ к хранению бумажных отчетов, долгосрочным резервным хранению в электронной форме и лёгкого доступа к ним

Результат анализа подтверждает наличие путей интеграции базовых принципов концепции CALS и системы производственного менеджмента за счёт реализации положений стандарта на систему менеджмента.

В качестве дальнейших путей исследования можно выделить изучение возможности взаимной интеграции систем менеджмента и оценку влияния её результата на реализацию CALS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Порсев К.И.* Система электронного документооборота как элемент системы менеджмента качества / К.И. Порсев, М.Ф. Булатов, Н.П. Есаулов // *Научные технологии*. 2017. № 5. С. 30-35.
2. Возможности применения CALS(ИПИ)–технологий для информационной поддержки системы менеджмента качества вуза / В.С. Соболев, А.В. Краснобаев, А.В. Кушнарев, Н.И. Цыпляева // *Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина)*. 2005. № 1. С. 37-41.
3. *Левин А.И.* CALS - сопровождение жизненного цикла / А.И. Левин, Е.В. Судов // *Открытые системы*. 2001. С. 58-62.
4. ГОСТ Р МЭК 61512-1-2016 Управление серийным производством. Часть 1. Модели и терминология. М.: Стандартинформ, 2016. 69 с.
5. *Казанцев А.К.* Основы производственного менеджмента. М.: ИНФРА-М.

УДК 006.72

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

А.А. Загоскина, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится анализ требований аккредитации испытательных лабораторий, установленных ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 и Приказом Минэкономразвития № 326 от 30.09.2014 г.

***Ключевые слова:** аккредитация испытательных лабораторий, критерии аккредитации.*

ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS OF NOMOTHETICAL AND REFERENCE DOCUMENTS IN THE FIELD OF TESTING LABORATORIES ACCREDITATION

A.A. Zagoskina, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the requirements of accreditation of testing laboratories established by GOST ISO / IEC 17025-2009 and the order of the Ministry of Economic Development № 326 of 30.09.2014 is made.

***Keywords:** accreditation of testing laboratories, accreditation criteria.*

Аккредитация осуществляется в целях обеспечения доверия к результатам оценки соответствия и создания условий для взаимного признания государствами - торговыми партнерами Российской Федерации результатов оценки соответствия [1].

В настоящее время во всем мире аккредитация испытательных лабораторий проводится в соответствии с требованиями международного стандарта ISO/IEC 17025:2005, который принят в России и странах СНГ в

качестве межгосударственного стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025 - 2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [2].

Однако в Российской Федерации основными являются критерии аккредитации, установленные Приказом Минэкономразвития № 326 от 30.09.2014 [3].

Проведем анализ международных требований аккредитации испытательных лабораторий, установленных ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009, и национальных требований, установленных Приказом Минэкономразвития № 326 от 30.09.2014 (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1. Анализ соответствия требований к аккредитации ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009 и Приказа Минэкономразвития № 326 от 30.05.2014

Требование	Номер пункта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009	Номер пункта Критериев аккредитации (Приказ № 326 от 30.05.2014)
Организация	4.1	21; 23.3; 23.4; 23.6
Система менеджмента	4.2	17; 23; 23.2
Управление документацией	4.3	18; 23.7 1) Наличие правил ознакомления работников лаборатории с документами; 2) наличие правил резервного копирования и восстановления документов; 3) наличие системы хранения, систематизации, архивирования документов;
		4) наличие систематизированного ведения сведений о работниках лаборатории.
Анализ запросов, заявок на подряд и контрактов	4.4	23.14; 23.16

Таблица 1 (продолжение)

Требование	Номер пункта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009	Номер пункта Критериев аккредитации (Приказ № 326 от 30.05.2014)
Заключение субподря-дов	4.5	23.8
Приобре-тение услуг и запасов	4.6	Требование не установлено
Обслужи-вание заказ-чиков	4.7	23.3а; 23.6
Претен-зии	4.8	23,4 Наличие мер предотвращения конфликтов интересов.
Управление работами, не соответ-ствующими установлен-ными тре-бованиям	4.9	23.16 1) Наличие правил описания работ, выполненных с нарушением установленных требований; 2) наличие правил извещения заказчика работ о работах, выполненных с нарушением установ-ленных требований.
Улучшение	4.10	Требование не установлено
Корректи-рующие действия	4.11	23.17 Наличие правил описания результатов корректи-рующих мероприятий.
Предупре-ждающие действия	4.12	23.18 Наличие правил описания результатов предупре-ждающих действий.
Управление записями	4.13	23.7
Внутренние проверки	4.14	23.10 Наличие правил формирования документального отчета по итогам внутреннего аудита.
Анализ со стороны руковод-ства	4.15	23.10 Наличие правил формирования документального отчета по итогам анализа.

Таблица 1 (продолжение)

Требование	Номер пункта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009	Номер пункта Критериев аккредитации (Приказ № 326 от 30.05.2014)
Персонал	5.2	19; 20; 23.5 Наличие у работников лаборатории, непосредственно выполняющих работы по исследованиям (испытаниям) и измерениям: 1) высшего образования, либо среднего профессионального образования или дополнительного профессионального образования по профилю, соответствующему области аккредитации; 2) опыта работы по исследованиям (испытаниям), измерениям не менее трех лет; 3) допуска к работам по проведению исследований (испытаний), измерений, связанным с использованием сведений, составляющих государственную тайну.
Помещения и условия окружающей среды	5.3	23.12 Наличие сведений о конкретных показателях внешних условий, допустимых отклонениях от них, а также правил периодического документирования показателей.
Методики испытаний и калибровки, оценка пригодности методик	5.4	23.14; 23.15 1) Наличие правил документирования сведений об используемых методиках исследований (испытаний) и измерений; 2) наличие правил документирования сведений о зафиксированных отклонениях, правил технического обоснования указанных отклонений, их одобрения со стороны заказчика.
Оборудование	5.5	23.9; 23.13; 23.21
Прослеживаемость измерений	5.6	23.21

Таблица 1 (окончание)

Требование	Номер пункта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009	Номер пункта Критериев аккредитации (Приказ № 326 от 30.05.2014)
Отбор образцов	5.7	23.19
Обращение с объектами	5.8	23.20 Наличие правил документирования работ с объектами исследований (испытаний).
Обеспечение качества результатов испытаний и калибровки	5.9	23.11; 23.11.1 Наличие плана участия в межлабораторных сличительных (сравнительных) испытаниях и правил его актуализации.
Отчетность	5.10	23.7; 23.19; 23.20

Также Критериями аккредитации предусмотрено наличие правил применения изображения знака национальной системы аккредитации.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ показал, что многие требования ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 дополнены, расширены и уточнены приказом Минэкономразвития № 326. Особое внимание испытательным лабораториям при подготовке к аккредитации следует уделить квалификации персонала; управлению документацией; применяемым методикам испытаний и калибровки; условиям, влияющим на результаты исследований (испытаний) и измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 412 «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013 (с изменениями на 29 июля 2018 г.).
2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2018.
3. Приказ от 30 мая 2014 года № 326 «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации» (с изменениями на 2 ноября 2018 г.).

УДК 006.44:69

АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ГОСТ 21.204-13 И ГОСТ 21.408-2013

В.И. Екимова, А.Г. Маланов

Научный руководитель – **А.Г. Маланов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится анализ текста ГОСТов по автоматизации технологических процессов на предмет выявления неточностей.

Ключевые слова: ГОСТ, автоматизация.

ANALYSIS OF GOST 21.204-13 AND GOST 21.408-2013 STANDARDS

V.I. Ekimova, A.G. Malanov

Scientific Supervisor – **A.G. Malanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the text of state Standards for automation of technological processes in order to identify inaccuracies is made.

Keywords: GOST, automation.

ГОСТы берут свое начало в 1926 году, когда появился Государственный комитет по стандартизации. В его задачи входила разработка категорий качества и документации на практически все виды продукции, которая выпускалась в Советском союзе. Однако аббревиатура ГОСТ (государственный общесоюзный стандарт) введена только в июле 1940 года. 3 октября 1940 года были утверждены правила нумерации ГОСТов: их стали обозначать «порядковым номером, начиная с первого, с добавлением к номеру через тире сокращенного обозначения года утверждения или пересмотра стандарта». На территории всей страны установленные ГОСТом эталоны качества были обязательными. В наше время к привычным ГОСТам добавились сертификаты (ГОСТ Р). Последние были созданы в России.

В настоящее время в России вместо Госкомитета по стандартизации существуют органы РосТехРегулирования. Следует сказать, что ГОСТ – документ не постоянный. Со временем меняются требования к качеству продукции и ГОСТы меняются. В данное время в стране существует около 25 тысяч государственных стандартов.

В 2002 году были внесены изменения в законодательство, и ГОСТы больше не обязательное требование, а их соблюдение производителем является добровольным.

Субъекты хозяйственной деятельности применяют стандарты, на стадиях исследований и разработки, восстановления (ремонта), утилизации (захоронения, уничтожения), при оказании услуг, в том числе при разработке технической документации

Вообще ГОСТ можно сравнить с Русским языком. Если сделано по ГОСТУ то это значит, что все специалисты понимают из чего и как сделана продукция. Особенно это существенно при проектировании промышленных предприятий, в том числе и систем автоматического управления. Поясню, каждый специалист по своему профилю (проектирование) должен выполнять стандарты иначе другой специалист на другом конце страны при изготовлении не поймет, что имел в виду проектировщик, и выполнит поставленную задачу «как понял». Таким образом, требования к стандартам (тексту стандарта) должны очень быть высокие и стандарт должен однозначно читаться всеми специалистами одинаково.

Анализ ГОСТов 21.208-2013 «Система проектной документации для строительстве. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные проборов и средств автоматизации в системах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» введенных в действие в конце 2014 г. показал.

ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные проборов и средств автоматизации в системах».

Разработан Открытым акционерным обществом - Ассоциация "Монтажавтоматика". ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) (протокол от 14 ноября 2013 г. N 44). Этот документ является действующим международным ГОСТом.

- 1) В пункте 2 «Нормативные ссылки» поле «примечание» стоит дефис, а должно быть либо двоеточие, либо точка.
- 2) В таблице 1 нарушена нумерация.
- 3) В таблице 2 Символьные обозначения символ S повторяется два раза: в дополнительном обозначении измеряемой величины и в обозначении функционального признака прибора. Однако на ри-

сунке 1 ГОСТа «Принцип построения условного обозначения прибора» он присутствует один раз. Это вызывает путаницу в обозначении прибора, что вызывает разночтение.

- 4) В таблице 3, страница 7 ГОСТа , в обозначении окружности нет обозначения диаметра.
- 5) Страница 5, пункт 5.8 и 5.9 - Вместо слова «символ» должно быть написано слово «буква» как в остальных пунктах.
- 6) Страница 5, пункт 5.10 – Оригинальный текст ГОСТа «Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений, приведенной на рисунке 1».

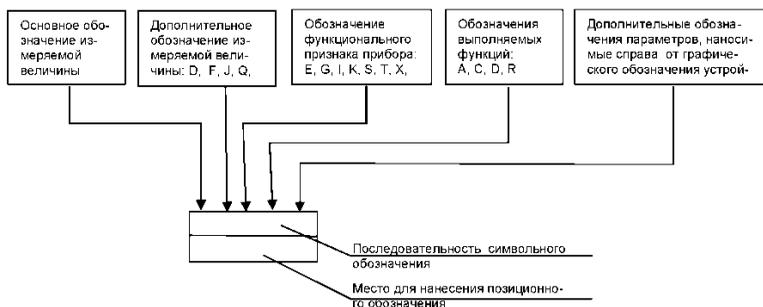


Рис. 1. Из ГОСТ 21.208-2013 Принцип построения условного обозначения

Вроде фраза читается однозначно, однако в приложении Б авторы сами нарушают эту последовательность обозначения. Например:

На странице 23 - Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Представлено обозначение (рис. 2).

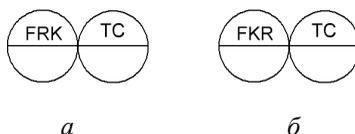


Рис. 2:

a - обозначение из ГОСТ 21.208-2013, приложение Б, с. 23;
б – обозначение как должно быть согласно этому же ГОСТу

Есть и другие неточности в этом приложении, на странице 25 «прибор для изменения качества продукции регистрирующий, регулирующий установленный на щите».



Рис. 3:

a - обозначение из ГОСТ 21.208-2013, приложение Б, с. 25;.

б – обозначение как должно быть согласно этому же ГОСТу

- 7) Приложение Б, страница 23. Скорее всего, в наименовании пропущено слово «Ручной».

Наименование	Обозначение
Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите	

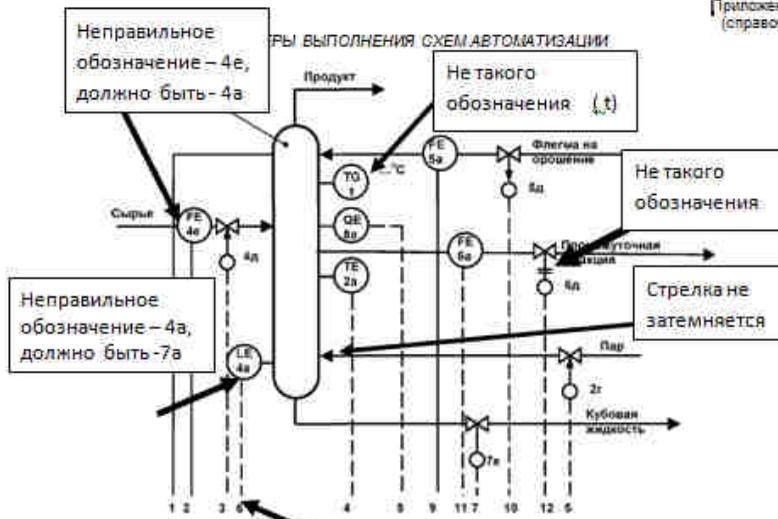
ГОСТ 21.408-2013 «Система документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Разработан Открытым акционерным обществом - Ассоциация «Монтажавтоматика». Внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство». Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44). Этот документ является действующим международным ГОСТом.

- 1) Анализ текста ГОСТа показал, что во многих абзацах текста отсутствуют точки в концах предложения или наоборот присутствуют две точки.

Например, в разделе 5.6.2.4 в конце второго абзаца отсутствует точка и в разделе 5.7.13 также в конце второго абзаца отсутствует точка. В разделе 5.4.1 в конце первого абзаца присутствуют две точки.

- 2) Особенно много принципиальных неточностей замечено в приложении В, рис. 4, а именно:



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Приборы местные	PI 3a	FI 4a	TC 5a	MI 6a	UI 7a	FI 8a	FI 9a	FI 10a	FI 11a	FI 12a		
Центр управления	PI 3b	FI 4b	TC 5b	MI 6b	UI 7b	FI 8b	FI 9b	FI 10b	FI 11b	FI 12b		

Рисунок В.1. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом

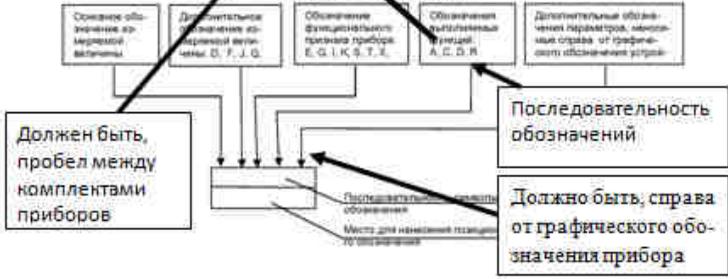


Рис. 4. Из ГОСТ 21.408-2013, приложение В «Примеры выполнения схем автоматизации»

- На трубе, по которой идет газ или пар, стрелка должна быть не закрашена в соответствии с ГОСТ, рис. 4.



Рис. 5

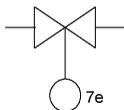


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

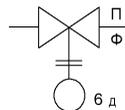
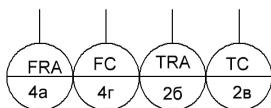


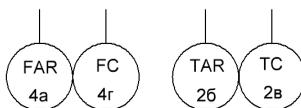
Рис. 9

- В комплекте приборов седьмого контура неверно указано позиционное обозначение рис. 5. Позиционное обозначение у первого прибора в комплекте указано 4а, а должно быть 7а.
- Неправильно указано позиционное обозначение регулируемого клапана в регулируемом контуре 7 (рис. 6), позиционное обозначение указано 7е, а должно быть 7г.
- В комплекте приборов 4-го контура неправильно указано позиционное обозначение расходомера рис 7, указано 4е, а должно быть 4а, так как элементы одного контура управления номеруются по порядку
- В условном обозначении прибора первичный показывающий прибор для измерения температуры (рис. 8) на месте позиционного обозначения стоит буква t, которая непонятно, что обозначает. По-видимому, должна стоять цифра 1.
- На схеме автоматизации рис. 4 неправильно представлено изображение исполнительного механизма рис. 9. Согласно ГОСТу 21.208-2013 нет такого обозначения исполнительного механизма.

На схеме автоматизации (рис. 4) в четырехугольнике обозначающий щит управления два разных контура управления 4-й и 2-й не должны соприкасаться друг с другом, так как имеют разное назначение и отвечают за свои отдельные задачи. А также у двух приборов неправильный порядок буквенных обозначений, согласно ГОСТ 21.208-2013 п. 5.10 – «Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений....».



а



б

Рис. 10: а - обозначение из ГОСТ 21.408-2013, приложение В, с. 25;
б – обозначение, как должно быть согласно ГОСТу 21.208-2013

Анализ текста ГОСТов показал достаточно много неточностей и несогласований в тексте и рисунках. Это приводит к путанице при создании и чтении схем автоматизации. Кроме того, это приводит к появлению многочисленных отраслевых и заводских стандартов, что еще больше вносит путаницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные проборов и средств автоматизации в системах».
2. ГОСТ 21.408-2013 «Система документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».
3. ГОСТ 34.201-89 «Виды, комплексность и обозначение документов при создании автоматизированных систем».
4. ГОСТ 21.404-85 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные проборов и средств автоматизации в системах».
5. ГОСТ 21.408-93 «Система документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ НА УРОВНЕМЕР

Н.Д. Чихалева, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена разработке методики калибровки на уровнемер. Рассматривается процедура калибровки и ее сущность. Выделены основные этапы, включенные в методику калибровки.

Ключевые слова: калибровка средств измерений, методика калибровки, уровнемер, точность, измерения.

DEVELOPMENT OF A CALIBRATION METHOD FOR THE LEVEL METER

N.D. Chikhaleva, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the development of calibration techniques for the level meter. The calibration procedure and its essence are considered. The main steps included in the calibration methodology are highlighted.

Keywords: calibration of measuring instruments, calibration method, level gauge, accuracy, measurement.

Уровнемер – прибор, предназначенный для определения уровня содержимого в открытых и закрытых сосудах, резервуарах, хранилищах и других ёмкостях. Под содержимым подразумеваются разнообразные виды жидкостей, в том числе и газообразующие, а также сыпучие и другие материалы.

Уровнемеры также называют датчиками/сигнализаторами уровня, преобразователями уровня. Главное отличие уровнемера от

сигнализатора уровня – это возможность измерять градации уровня, а не только его граничные значения.

Использование уровнемеров позволяет провести работы по автоматизации управления за технологическим процессом и его контроля. Автоматизация всегда позволяет снизить влияние от так называемого человеческого фактора, это с одной стороны повышает качество выпускаемой продукции и оптимизацию по расходу используемого сырья, с другой стороны это снижает требования к имеющейся квалификации операторов и персонала, и наличия у них опыта работы (это позволяет уменьшить оплату труда и снизить издержки) [2].

Для того, чтобы определить точное значение метрологических показателей уровнемера проводят определенные процедуры (поверка, либо калибровка), результат которых разрешает или запрещает последующее использование прибора.

При калибровке уровнемеров на месте их эксплуатации обычно применяются следующие средства:

- эталонная измерительная лента с грузом;
- рулетка измерительная металлическая.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений. Документом, регламентирующим процедуру калибровки средств измерений, является методика калибровки средств измерений.

Калибровка средств измерений выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств. Эта процедура проводится по методике калибровки в соответствии с ГОСТ Р 8.879-2014 «Методики калибровки средств измерений».

Методика калибровки должна содержать:

- а) титульный лист;
- б) соответствующую идентификацию: наименование, номер, сведения о разработчике;
- в) указания об области распространения (назначении) методики калибровки (указание группы (групп), типа (типов) средств измерений, для калибровки которых данная методика предназначена);
- г) описание основных характеристик и особенностей калибруемых средств измерений в том случае, если методика калибровки предназначена для калибровки средств измерений единичного

производства, или средств измерений, изготовленных в соответствии со стандартами на технические условия, но используемых в особых условиях или режимах, а также, если к средствам измерений пользователем (заказчиком) предъявляются особые специфические требования;

д) сведения о метрологических характеристиках средств измерений, действительные значения которых подлежат определению в процессе калибровки;

е) перечень средств калибровки и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения калибровки, с указанием требований к их техническим и метрологическим характеристикам, включая требования к обеспечению прослеживаемости измерений;

ж) сведения об условиях окружающей среды и необходимом периоде стабилизации для оборудования;

и) описание процедуры калибровки, включая:

- подготовку к процедуре калибровки,

- проверки, необходимые перед началом работы,

- проверки нормального функционирования и, при необходимости,

процедуру регулировки оборудования перед каждым его использованием,

- процедуру калибровки,

- обработку результатов измерений,

- описание оформления результатов калибровки,

- меры безопасности, которые должны соблюдаться при проведении калибровки,

- условия или требования, при нарушении которых калибровка не проводится или результаты ее не могут считаться достоверными,

- указание о неопределенности (в том числе целевой) или процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке [1].

Точность в параметрах, которые оцениваются путем измерений, является основополагающей. Нет смысла в функционировании любых средств измерений, если их работа выполняется неточно и присутствуют значительные погрешности.

Калибровка уровнемера позволяет определить точность его работы. Для того, чтобы производить контроль и вовремя реагировать на неточность в работе приборов и изобретена операция калибровки.

Уровнемер, который прошел процедуру калибровки, подтверждает данное действие нанесением специального знака соответствия. Для документального подтверждения организация, которая провела процедуру, может выдать специальный сертификат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. М.: Стандартиформ, 2015. 8 с.
2. Уровнемер. Большая энциклопедия техники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://info.wikireading.ru/83722>

5 ИНСТРУМЕНТОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

П.В. Ермолина, А.А. Чеснокова

Научный руководитель – **А.А. Чеснокова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается необходимость использования пяти инструментов менеджмента качества автомобильной промышленности.

Ключевые слова: автомобильная промышленность, менеджмент качества автомобильной промышленности, инструменты, MSA, SPC, FMEA, APQP, PPAP.

5 TOOLS OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY QUALITY MANAGEMENT

P.V. Ermolina, A.A. Chesnokova

Scientific Supervisor – **A.A. Chesnokova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the possibility of five tools of quality management of the automotive industry using.

Keywords: automotive industry, automotive industry quality management, tools, MSA, SPC, FMEA, APQP, PPAP.

Конкуренция на рынке автомобильной промышленности была и остается очень высокой. Крупные отечественные и зарубежные производители предъявляют к своим поставщикам все более и более жесткие требования. Для обеспечения качества продукта необходимо соблюдать требования IATF 16949:2016 [1].

Глобализация и децентрализация производственных процессов в автомобильной отрасли привели к тому, что конструкторские бюро, производители комплектующих и заводы по сборке автомобилей могут находиться в разных странах. Более того, автопроизводители могут выпускать модели, рассчитанные на локальные рынки, и созданные в сотрудничестве с местными производителями, либо выкупать национальные производства или конкурирующие автомобильные концерны, утратившие лидерство. Единообразии процессов во всех территориальных под-

разделениях, возможность менять поставщиков и сотрудничать со вчерашними конкурентами на их производственных базах на основе идентичности производственных циклов – необходимое условие выживания компании и быстрой адаптации к любым изменениям автомобильного рынка. Именно для этого нужны единые производственные и управленческие стандарты.

Организациям при внедрении требований стандарта IATF 16949 необходимо применять пять инструментов (APQP, PPAP, FMEA, SPC, MSA), которые являются методами обеспечения качества [1].

APQP расшифровывается и переводится как «перспективное планирование качества продукции». Это является, по сути, наиболее действенным инструментом менеджмента качества. Подробное описание процесса дает документация ISO/TS 16949. Но если сказать коротко, то целью APQP является обеспечение выполнения всех необходимых процедур и этапов работы для того, чтобы можно было произвести качественные автокомпоненты при приемлемом уровне затрат. При этом под качеством автомобильных компонентов следует понимать соответствие изделий всем требованиям и ожиданиям потребителей.

PPAP можно расшифровать и перевести как «процесс согласования производства части». Этим устанавливаются и одобряются общие требования к производству автокомпонентов. С помощью PPAP можно определить, правильно ли понимаются поставщиком технические требования потребителя и имеет ли потенциал производственный процесс поставщика. Если потенциал этот выявляется, то изготовитель может позволить себе выпускать в назначенном объеме продукцию, которая сможет соответствовать заданным требованиям при условии массового производства.

FMEA, или «анализ видов и последствий отказов», позволяет выявлять наиболее критичные шаги (проще говоря, возможные ошибки) в производственном процессе. Этот анализ имеет свою цель – управление качеством продукции. Согласно этой методологии, выявив и исключив потенциальные ошибки в производстве, можно выпускать заведомо качественную продукцию. Данная технология была применена компанией Ford еще в 1970 году, также ее использовали в NASA при разработке проекта высадки человека на Луну.

SPC, или «статистическое управление процессом», является способом применения в производственном процессе статистических методов, которые позволяют:

- увеличить знания о процессе;
- регулировать производственный процесс в целях достижения желаемого результата;

– уменьшить отклонения параметров готовой продукции и др. с помощью инструмента *spc* можно максимально улучшить рабочий процесс.

MSA («анализ измерительных систем») дает заключение о приемлемости используемой измерительной системы с помощью количественного выражения ее точности, сходимости, стабильности. Этот анализ помогает минимизировать риск того, что в случае несоответствия измерительной системы от руководителя могут последовать ложные решения либо процесс будет регулироваться излишне жестко. Ведь, как известно, правильность решений зависит от степени достоверности полученных данных.

Повышение качества продукции необходимо проводить на всех этапах ее жизненного цикла: проектирование, производство, контроль, хранение и эксплуатация. Как показывает мировой опыт, это достигается применением процедур *MSA*, *SPC*, *FMEA*, *APQP*, *PPAP*. Данные инструменты регламентированы системой стандартов [2-6].

Наличие сертификата соответствия стандарту *IATF 16949:2016* в настоящее время является фактически пропуском на международный автомобильный рынок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *IATF 16949:2016 Automotive Quality Management System*.
2. ГОСТ Р 51814.6-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов. М.: Стандартинформ, 2005. 49 с.
3. ГОСТ Р 51814.6-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов. М.: Стандартинформ, 2005. 49 с.
4. ГОСТ Р ИСО 11462-1-2007 Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами. Часть 1. Элементы. М.: Стандартинформ, 2007. 38 с.
5. ГОСТ Р 51814.4-2004 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Одобрение производства автомобильных компонентов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 60 с
6. ГОСТ Р 51814.2-2001 Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 53 с.

ОБ АКТУАЛИЗАЦИИ СТО «УПРАВЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ» НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ РАДИОЗАВОД»

А.А. Калинина, Н.В. Демидова, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализированы документы, показывающие управление документацией на примере ОАО «Ярославский радиозавод». Установлен перечень документов, который обязательно должен быть на предприятии, а также определены действия по их управлению.

Ключевые слова: стандарт организации, управление документацией, документированная информация, система менеджмента качества.

COMPANY-SPECIFIC STANDARD «DOCUMENT MANAGE- MENT» UPDATING CASE STUDY OF OJSC «YAROSLAVL RADIOWORKS CORPORATION»

A.A. Kalinina, N.V. Demidova, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The management document case study of OJSC "Yaroslavl Radioworks Corporation" is analyzed. A list of documents is meant to be at the enterprise has been established. Actions for management are defined.

Keywords: company-specific standard, document management, documented information, quality management system.

Стандарт организации (СТО) - нормативный документ, разрабатываемый для внутрикорпоративного использования в компании. Цель стандарта организации (СТО) - стандартизация процессов на предприятии для эффективного выстраивания бизнеса, совершенствования про-

изводственных процессов, обеспечения стабильного качества и конкурентоспособности продукции или выполнения работ, оказания услуг.

Актуализация стандартов представляет собой процесс поддержания стандартов в рабочем состоянии путем внесения в их экземпляры принятых в установленном порядке изменений, дополнений, поправок и информации о сроках их действия, ограничении, замене или отмене.

Рассмотрим на примере ОАО «Ярославский радиозавод» процесс управления документацией. На этом заводе внедрение стандартов регламентировано ГОСТ РВ 0001-005-2006.

На сегодняшний момент в области управления документацией актуальны следующие нормативные документы:

- ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь;

- ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования;

- ГОСТ РВ 0001-004-2006 Система стандартизации военной продукции. Документы по стандартизации оборонной продукции. Порядок информационного обеспечения распространения;

- ГОСТ РВ 0015-002-2012 Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования;

- ОСТ 134-1028-2012 Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий, участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий.

Мы проанализировали все документы, обратили внимание на пункты, в которых речь идет об управлении документацией и сравнили их. Результаты сравнения представлены в таблице.

Сравнение ГОСТов, содержащих требования по управлению документацией

Название документа	Пункт	Содержание пункта
ГОСТ Р ИСО 9001-2015	4.4.2	Организация должна в необходимом объеме: а) разрабатывать, актуализировать и применять документированную информацию для обеспечения функционирования процессов; б) регистрировать и сохранять документированную информацию для обеспечения уверенности в том, что эти процессы осуществляются в соответствии с тем, как это было запланировано

Продолжение таблицы

ГОСТ Р ИСО 9001-2015	7.5.1	Система менеджмента качества организации должна включать: а) документированную информацию, требуемую настоящим стандартом; б) документированную информацию, определенную организацией как необходимую для обеспечения результативности системы менеджмента качества
ГОСТ Р ИСО 9001-2015	7.5.3.1	Документированная информация, требуемая системой менеджмента качества и настоящим стандартом, должна находиться под управлением
ГОСТ Р ИСО 9001-2015	7.5.3.2	Для управления документированной информацией организация должна предусматривать следующие действия в той степени, насколько это применимо: а) распределение, обеспечение ее доступности и поиска, а также использование; б) хранение и защиту, включая сохранение разборчивости; с) управление изменениями (например, управление версиями); д) соблюдение сроков хранения и порядка уничтожения
ГОСТ РВ 0015-002-2012	4.2.1	Документация СМК должна включать в себя: а) документально оформленные заявления о политике и целях в области качества; б) руководство по качеству; с) документированные процедуры и записи, требуемые настоящим стандартом; д) документы, включая записи, определенные организацией как необходимые ей для обеспечения эффективного планирования, осуществления процессов и управления ими
ГОСТ РВ 0015-002-2012	4.2.1.2	Документация СМК должна включать: а) согласованный с ВП перечень документов по стандартизации оборонной продукции, применяемых в организации, в соответствии с ГОСТ РВ 001-005, а также перечень документов СМК, подлежащих согласованию с ВП (по решению ВП).

Окончание таблицы

		б) учетные экземпляры действующих ДС и других документов, распространяющихся на выполняемые организацией виды деятельности и выпускаемую военную продукцию, необходимых для планирования, осуществления процессов и управления ими.
ГОСТ РВ 0015-002-2012	4.2.3	Документы системы менеджмента качества должны быть управляемыми... Для определения необходимых средств управления должна быть разработана документированная процедура.

В связи со вступлением в силу с 01.04.2018 г. ОСТ 134-1028–2012 с изменением 1, учитывающим требования новой редакции ГОСТ Р ИСО 9001-2015, будет необходимо добавление (изменение) информации в стандарты организации по составу документов, в том числе деятельности по их управлению.

Таким образом, для полного отражения существующих требований по управлению документацией необходимо:

- четко установить список документов, требуемых ГОСТами и другими аналогичными документами в организации;
- разработать документированную процедуру для определения необходимых средств управления, включающую установленную последовательность действий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 79 с.
2. ГОСТ РВ 0015-002-2012 Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2012. 37 с.
3. СТО ЯД0.000.023 Управление документацией. Порядок внедрения стандартов и других документов по стандартизации, ОАО “Ярославский радиозавод”. Ярославль, 2013. 22 с.

РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ЦЗЛ НА ПРИМЕРЕ АО «ЯТУ ИМЕНИ В.Ю. ОРЛОВА»

И.В. Куландина, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена вопросам обеспечения компетентности центральной заводской лаборатории АО «ЯТУ имени В.Ю. Орлова». Особое внимание обращается на разработку нормативной документации: инструкции, методики выполнения измерений.

Ключевые слова: компетентность лаборатории, инструкция, методика выполнения измерений.

DEVELOPMENT OF DOCUMENTATION FOR CFL ON THE EXAMPLE OF JSC «YU NAMED AFTER V.YU. ORLOV»

I.V. Kulandina, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the issues of ensuring the competence of the central factory laboratory of JSC "YU named after V. U. Orlov". Special attention is paid to the development of regulatory documentation: instructions, methods of measurement.

Keywords: laboratory competence, instruction, measurement procedure.

Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ) – важное звено в системе контроля качества выпускаемой предприятием продукции. ЦЗЛ осуществляет контроль соответствия качества сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции действующим стандартам и техническим условиям.

В соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и критериями аккредитации, для того чтобы обеспечить компетентность лаборатории, требуется надежное управление информацией, которую лабора-

тория получает и накапливает в процессе своей деятельности, реализуя как технические требования, обеспечивающие проведение испытаний, так и требования управления, обеспечивающие стабильность функционирования лаборатории в закреплённой области деятельности [1]. Из-за указанных причин необходимо разработать нормативные документы для выполнения лабораторных работ: инструкции, методики измерений или методики выполнения измерений и т.д.

Инструкции (порядки определения (ПО)) необходимы на предприятии для качественной работы персонала при измерениях/испытаниях/анализе.

Результатом деятельности лаборатории является результат измерений (для величин) или результат испытаний, анализа (для качественных свойств). И, как к любому продукту деятельности, к результатам измерений/испытаний/анализа заказчиком предъявляются требования к качеству. Процесс получения результатов измерений/испытаний/анализа прописывается в методике измерений. Качество методики измерений напрямую влияет на качество получаемых по ней результатов измерений/испытаний/анализа.

Методика выполнения измерений – установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений в соответствии с принятым методом измерений.

Многочисленными были разработаны следующие документы: порядок определения площади поверхности и пористости технического углерода методом физической сорбции азота; порядок определения объёмной доли кислорода и метана, массовой концентрации оксида углерода и дозврывоопасных концентраций суммы предельных углеводородов; методика выполнения измерений pH фильтрата водной вытяжки сырья.

ПО площади поверхности и пористости технического углерода методом физической сорбции азота необходим ЦЗЛ для выполнения требований стандартов ASTM на соответствие качества выпускаемого технического углерода [2]. Именно для этого АО «ЯТУ имени В.Ю. Орлова» приобрёл новый полностью автоматический анализатор ТриСтар 3020, прибор находится в стадии освоения.

ПО объёмной доли кислорода и метана, массовой концентрации оксида углерода и дозврывоопасных концентраций суммы предельных углеводородов нужен для контроля содержания вредных веществ, взрывоопасных газов и паров, кислорода в воздухе рабочей зоны производственных, лабораторных и открытых пространств.

Методика выполнения измерений pH фильтрата водной вытяжки сырья устанавливает процедуру выполнения измерений pH фильтрата водной вытяжки сырья pH-метром типа pH-150 по ГОСТ 6307-75, ком-

плекс правил и требований при проведении измерений и оценке погрешностей измерения.

Данные документы позволяют выполнять и контролировать условия и процесс измерения показателей качества технического углерода согласно требованиям ASTM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартиформ, 2012. 36 с.
2. Орлов В.Ю. Производство и использование технического углерода для резин. Ярославль: Издательство Александр Рутман, 2002. 512 с.

УДК 006

РУКОВОДСТВО ПО КАЧЕСТВУ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

К.С. Минина, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются основные нормативные документы, которым должна соответствовать калибровочная лаборатория для организации своей деятельности. Одно из основных требований – разработка руководства по качеству.

Ключевые слова: калибровка, система менеджмента качества, калибровочная лаборатория, руководство по качеству.

CALIBRATION LABORATORY QUALITY MANUAL

K.S. Minina, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the main regulatory documents that the calibration laboratory must comply with in order to organize its activities. One of the main requirements is the development of a quality manual.

Keywords: calibration, quality management system, calibration laboratory, quality manual.

Измерения играют определяющую роль в развитии промышленности и хозяйства страны. Затраты на обеспечение и проведение измерений составляют около 20 % от общих затрат на производство продукции [1]. Поэтому обеспечение качества измерений является стратегической целью любого предприятия.

Переход российских предприятий на стандарты ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в значительной мере гарантирует успех и эффективность ком-

плексной оптимизации их работы. Основная цель этой системы – обеспечение заявленного качества продукции и услуг.

В России для контроля показаний средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору, применяется калибровка. Калибровка - это совокупность операций, устанавливающих в заданных условиях соотношения между значениями величины, полученной с помощью данного средства измерений, и соответствующим значением величины, определенной с помощью эталона, с целью определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений [2]. Практически любое предприятие, которое выпускает продукцию, пользуется услугами калибровочных лабораторий. В большинстве случаев такие лаборатории относятся к структурным подразделениям предприятий и входят в общую систему менеджмента качества (СМК).

К основным нормативным документам, регламентирующим организацию деятельности и подтверждение компетентности калибровочных лабораторий следует отнести:

- 1) ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009;
- 2) Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации № 326.

В настоящее время значительно увеличивается использование СМК. Если деятельность лаборатории соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025, то это означает, что лаборатория соответствует требованиям к системе менеджмента и к технической компетентности, что гарантирует соблюдение условий получения достоверных результатов.

ГОСТ ИСО/МЭК 17025 устанавливает общие требования к компетентности лабораторий в проведении испытаний и (или) калибровки.

В Приказе Министерства экономического развития Российской Федерации № 326 представлены требования, которым должна соответствовать лаборатория, выполняющая калибровку.

В соответствии с этими документами одним из основных требований к калибровочной лаборатории является наличие СМК. Внедрение этой системы начинается с разработки и документального оформления руководства по качеству, которое выполняет функцию постоянного справочного материала при внедрении системы качества, поддержании ее в рабочем состоянии и совершенствовании.

Для улучшения качества оказываемых услуг нормативно-правовые акты постоянно совершенствуются. Так вышла новая версия ГОСТ ИСО/МЭК 17025 -2017 года.

Основные изменения:

- обновление терминов и актуализация ссылочных документов;

- обновление структуры стандарта;
- обновление, уточнение и расширение сферы применения;
- уточнение требований в отношении беспристрастности и конфиденциальности;
- конкретизация и уточнение взаимодействия с субподрядчиками;
- расширение требований к метрологической прослеживаемости результатов испытаний и калибровки;
- уточнение требований к отбору проб, образцов, влияющих на достоверность результатов аналитических работ.

Что касается документации, то требования к обязательному документированию в новых версиях снижены. Если в ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 в разделе 4 «Требования к менеджменту» устанавливается, что должно содержаться в обязательном порядке в руководстве по качеству:

- 1) политика и задачи системы менеджмента;
- 2) заявление о политике в области качества:
 - обязательства соблюдения установившейся профессиональной практики и высокого качества испытаний и калибровки;
 - заявление об уровне обслуживания;
 - задачи системы менеджмента, относящиеся к качеству;
 - требование ко всем сотрудникам лаборатории;
 - обязательство руководства лаборатории;
- 3) ссылки на вспомогательные процедуры;
- 4) описание структуры документации;
- 5) функции и ответственность технического руководящего персонала и менеджера по качеству.

Так, в ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2017 были исключены положения, касающиеся конкретно руководства по качеству. Вместо этого установлены общие требования:

- 1) лаборатория должна «разработать, документировать и управлять политиками и задачами для достижения целей данного документа»;
- 2) «политики и задачи должны затрагивать вопросы компетентности, беспристрастности и надлежащей работы лаборатории»;
- 3) «вся документация, ... записи, имеющие отношение к выполнению требований» данного документа, должны быть включены в систему менеджмента...».

В целях контроля процесса калибровки на предприятиях создана Российская система калибровки (РСК). РСК - это совокупность добровольно объединившихся юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, деятельность которых в части организации и выполнения калибровочных работ направлена на обеспечение единства измере-

ний. Основная цель функционирования РСК – это создание условий для международного признания результатов калибровки и обеспечения доверия к качеству выполнения калибровочных работ со стороны клиентов и партнеров юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [5].

Рассмотрим документ РД РСК 02-2014. «Порядок организации деятельности Российской системы калибровки». В приложении 3 данного документа приведены требования к построению и содержанию руководства по качеству организации и выполнения калибровочных работ. В стандарте ГОСТ ИСО/МЭК 17025 устанавливаются общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Поэтому целесообразно брать за основу ГОСТ ИСО/МЭК 17025, но опираться на РД РСК 02-2014, так как там более подробно описаны требования к руководству по качеству организации и выполнения именно калибровочных работ, а также приведены возможные варианты содержания некоторых разделов.

Работающая система качества – это важнейший инструмент непрерывного совершенствования деятельности лабораторий, поддержания и повышения конкурентоспособности, а также источник экономических выгод.

Разработка и введение в действие руководства по качеству организации и выполнения калибровочных работ позволит обобщить и систематизировать информацию о калибровке средств измерений на предприятии и улучшить понимание процедуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушкова О.Г. Метрологическое обеспечение: Конспект лекций / О.Г. Глушкова, Н.Я. Медовикова, Н.Н. Рейх. М.: АСМС, 2000.
2. РМГ 120-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к выполнению калибровочных работ. М.: Изд-во Стандартиформ, 2015. 24 с.
3. РД РСК 02-2014. Порядок организации деятельности Российской системы калибровки. Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014. 37 с.

**ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
МЕНЕДЖМЕНТА
НА ОАО «РЫБИНСКГАЗСЕРВИС»**

Н.А. Разумов

Научный руководитель – **А.А. Чеснокова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются составляющие элементы и требования к системе энергетического менеджмента(СЭнМ). Изучены вопросы внедрения СЭнМ на предприятии ОАО «РыбинскГазСервис». Сформулированы преимущества от внедрения системы.

***Ключевые слова:** система энергетического менеджмента, энергетические характеристики, энергетическая результативность.*

**ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IMPLEMENTATION
AT «RYBINSKGASSERVICE» OJSC**

N.A. Razumov

Scientific Supervisor – **A.A. Chesnokova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the constituent elements and requirements for an energy management system (EMS).The issues of introducing EMS at the «RybinskGazServis» OJSC were studied. The advantages of system implementation are formulated.

***Keywords:** energy management system, energy characteristics, energy performance.*

Энергетический менеджмент – это постоянно действующая система управления энергопотреблением, позволяющая значительно оптимизировать объемы энергозатрат, прогнозировать и контролировать процессы выработки, транспортировки и использования необходимого количества энергоресурсов для обеспечения хозяйственной деятельности объектов.

Система энергетического менеджмента (СЭнМ) представляет собой комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (организационных мероприятий, технических средств и программно-методического обеспечения), направленных на формирование энергетической политики, постановки целей и разработке мероприятий по достижению этих целей. Система позволяет руководству принимать оперативные управленческие решения, направленные на потребление минимально необходимого количества топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Фундаментом для системы энергетического менеджмента являются технические аспекты, данные энергетического обследования (энергоаудита) и комплексная система управления организацией.

Ключевыми шагами внедрения СЭнМ должны являться [1]:

- наличие стратегии, предусматривающей выполнение необходимых измерений, управленческих действий и ведения документации для непрерывного улучшения энергоэффективности;
- наличие отдела или подразделения, глава которого отчитывается непосредственно руководству и несет ответственность за выполнение стратегического плана;
- наличие методик, регламентов, требований относительно покупки и потребления энергоресурсов;
- создание руководства энергетической эффективности, как «живого», постоянно обновляемого документа, который наряду с описанием элементов системы энергоменеджмента предполагал бы осуществление дополнительных проектов в области энергосбережения;
- идентификация ключевых индикаторов эффективности (целевых показателей), изменение которых позволит следить за процессом повышения энергетической эффективности.
- периодичная отчетность о прогрессе, основанном на этих индикаторах и показателях.

Система энергетического менеджмента строится в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 50001-2012[2], который устанавливает требования к системе энергетического менеджмента. На основе требований организация может разработать и внедрить энергетическую политику, осуществить постановку целей, задач и разработку планов мероприятий с учетом законодательных требований и информации, относящейся к аспектам, связанным со значительным использованием энергии и постоянному улучшению энергетических характеристик. Энергетические характеристики – ключевой элемент понятий для получения со временем результативных и измеримых результатов. Энергетические характеристики являются понятием, которое относится к энергетической эффективности, использованию и потреблению энергии. Измеряемые показатели энергии

тических характеристик и базовые значения энергетических характеристик – два взаимосвязанных элемента, используемые для того, чтобы дать возможность организации демонстрировать улучшение энергетических характеристик.

Стандарт ISO 50001:2018 содержит ряд требований, предъявляемых организациям [3]:

- необходимость разработка политики, касающейся более эффективного применения энергии;
- корректировка целей и задач согласно разработанной политике;
- применение данных для более эффективного принятия решений относительно применения энергии;
- определение результатов;
- пересмотр политической концепции;
- непрерывное содействие повышению энергоэффективности.

В основе системы энергетического менеджмента лежит модель непрерывного совершенствования системы управления, также используемой при разработке других систем, таких как система менеджмента качества в соответствие с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 или системы экологического менеджмента по ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Данный механизм упрощает интеграцию мер энергоэффективности при управлении качеством, а также мониторинге окружающей среды.

ГОСТ Р ИСО 50001-2012 [2] может применяться любой организацией, желающей обеспечить соответствие своей деятельности заявленной политике в области энергетики и продемонстрировать это другим сторонам. Такое соответствие подтверждается либо посредством самооценки и декларирования о соответствии самой организацией, либо посредством сертификации системы энергетического менеджмента внешней организацией.

ОАО «Рыбинскгазсервис» – газораспределительная организация Ярославской области, которая входит в общероссийскую структуру транспортировки газа. Основное направление деятельности ОАО «Рыбинскгазсервис» – бесперебойная, безопасная и безаварийная транспортировка газа потребителям городов Рыбинска и Пошехонья, Рыбинского и Пошехонского муниципальных районов и комплексное развитие систем газоснабжения.

Результативное внедрение СЭнМ в ОАО «РыбинскГазСервис» позволяет применить системный подход к улучшению энергетических характеристик, которые могут изменить способы, применяемые организацией для осуществления энергетического менеджмента.

Для внедрения СЭнМ организация должна осуществлять и документировать процесс, связанный с энергетическим планированием. Энергетическое планирование должно согласовываться с энергетической по-

литикой и вести к осуществлению действий, направленных на постоянное улучшение энергетических результатов деятельности организации.

Энергетическое планирование должно включать в себя анализ тех видов деятельности организации, которые могут повлиять на энергетические результаты.

Организация должна идентифицировать, внедрить и иметь доступ к применимым к ее деятельности законодательным и другим требованиям, которые организация обязалась выполнять в отношении использования, потребления энергии и энергетической эффективности.

Организация должна определить, каким образом эти требования применимы к ее режиму использования, потребления энергии и энергетической эффективности, и обеспечить учет этих законодательных и других требований, которые организация обязалась выполнять при разработке, внедрении и поддержании функционирования системы энергетического менеджмента.

Внедрение СЭнМ в организацию, даст следующие преимущества:

1) применение энергетического менеджмента в бизнес-практике организация может создать процесс для постоянного улучшения своих энергетических характеристик;

2) снижение энергетических затрат предприятия;

3) за счет улучшения энергетических характеристик и снижения соответствующих затрат на энергию организация может повысить свою конкурентоспособность.

4) СЭнМ может привести организацию к решению задачи противодействия глобальным изменениям климата за счет снижения потреблением энергии и, соответственно, снижения доли выпускаемых парниковых газов.

Внедрение системы энергетического менеджмента позволит организации осуществить модернизацию существующего производства и управления с учетом оптимального использования энергоресурсов, повысить эффективность использования энергии, снизить внутренние потери и постоянно совершенствовать деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетический менеджмент, «Самарский центр энергосбережения энергоэффективности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scenef.com/services/energy_management/
2. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство к применению». М.: Стандартинформ, 2012. 52 с.
3. ISO 50001:2018(E) «Energy management systems - Requirement with guidance for use, second edition»: Перевод и научно-техническое редактирование В.А. Качалова. 2018. 58 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ НА МАНОМЕТР МТ-100

М.А. Скуратова, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена разработке методики калибровки на манометр. Рассматривается процесс калибровки манометров и основные этапы, входящие в методику калибровки средств измерений

Ключевые слова: калибровка, методика калибровки, манометр.

CALIBRATION METHOD FOR MT-100 PRESSURE GAUGE TECHNIQUE DEVELOPMENT

M.A. Skuratova, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the development of a calibration procedure for a pressure gauge. The process of gauge calibration and the main stages included in the calibration methodology of measuring instruments are considered.

Keywords calibration, calibration method, pressure gauge..

Манометр (греч. *manós* – «неплотный» и *metréō* – «измеряю») – прибор, измеряющий давление жидкости или газа. Приборы серии МТ (манометр технический) измеряют избыточное давление не агрессивных газообразных, жидких и парообразных сред в промышленных, энергетических и технологических системах. Это системы для транспортировки жидкостей и газов, системы отопления, водо- и газоснабжения и др.

Принцип измерения манометров основан на упругости трубчатой полой пружины, деформация которой уравнивает давление в системе. Одна сторона ее герметично запаена, а вторая связана с

трибкосекторным устройством, которое преобразует линейное смещение чувствительного элемента пружины во вращательное движение, на оси этого механизма расположен стрелочный индикатор. Под действием избыточного давления трубчатая пружина выпрямляется, а вакууметрическое давление сжимает ее, приводя во вращение секторное устройство и стрелку для визуального контроля измеряемого параметра.

Стандартным методом обеспечения точности приборов, таких как манометры, является их поверка и калибровка. Мы проводим калибровку манометров, т.к. подтверждаем его пригодность для дальнейшего использования.

От точности измеряемого давления манометров зависит качество продукции и безопасность технологических процессов. Для определения точности необходима периодическая калибровка манометров.

Калибровка манометров объединяет функции, выполнявшиеся ранее при метрологической аттестации и ведомственной поверке средств измерений.

Если поверка является обязательной операцией, контролируемой органами Государственной метрологической службы, то калибровка манометров – это добровольная функция, выполняемая либо метрологической службой предприятия, либо по его заявке любой другой организацией, способной выполнить эту работу.

Процесс калибровки можно, в целом, разделить на два основных этапа: поверка показаний прибора по известному эталону или входным данным, и регулировка прибора до тех пор, пока его показания не будут равны или пропорциональны известным входным данным. Сама калибровка состоит из ряда поверок и регулировок. Когда прибор откалиброван, это значит, что он может точно давать действительное значение измеряемого параметра.

Основное оборудование, требуемое для калибровки большинства манометров, включает образцовый прибор, регулируемый источник давления, средства подсоединения манометра к источнику давлению и образцовому прибору, а также инструменты, необходимые для регулировки механизмов манометра. Образцовые средства измерений (измерительные приборы) предназначены для передачи размеров единиц физических единиц от эталонов рабочим измерительным приборам. Они служат для поверки и градуировки по ним других средств измерений.

Методика калибровки средств измерений - документ, регламентирующий процедуру калибровки средств измерений. Существует ГОСТ Р 8.879-2014, в котором описано, что должна включать в себя методика калибровки, оформленная самостоятельным документом, а именно:

- а) титульный лист;

б) соответствующую идентификацию: наименование, номер, сведения о разработчике;

в) указания об области распространения (назначении) методики калибровки (указание группы (групп), типа (типов) средств измерений, для калибровки которых данная методика предназначена);

г) описание основных характеристик и особенностей калибруемых средств измерений в том случае, если методика калибровки предназначена для калибровки средств измерений единичного производства, или средств измерений, изготовленных в соответствии со стандартами на технические условия, но используемых в особых условиях или режимах, а также, если к средствам измерений пользователем (заказчиком) предъявляются особые специфические требования;

д) сведения о метрологических характеристиках средств измерений, действительные значения которых подлежат определению в процессе калибровки;

е) перечень средств калибровки и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения калибровки, с указанием требований к их техническим и метрологическим характеристикам, включая требования к обеспечению прослеживаемости измерений;

ж) сведения об условиях окружающей среды и необходимом периоде стабилизации для оборудования;

и) описание процедуры калибровки, включая:

- подготовку к процедуре калибровки,

- проверки, необходимые перед началом работы,

- проверки нормального функционирования и, при необходимости, процедуру регулировки оборудования перед каждым его использованием,

- процедуру калибровки,

- обработку результатов измерений,

- описание оформления результатов калибровки,

- меры безопасности, которые должны соблюдаться при проведении калибровки,

- условия или требования, при нарушении которых калибровка не проводится или результаты ее не могут считаться достоверными,

- указание о неопределенности (в том числе целевой) или процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке.

Калибровка прибора проводится для определения показателя номинального давления. В дальнейшем контроль позволяет исключить вероятность снижения точности, исключить вероятность выхода прибора из строя и гарантировать корректность полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2405-88 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2008. 32 с.
2. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. М.: Стандартиформ, 2015. 8 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.А. Смирнова, А.Н. Попков

Научный руководитель – **А.Н. Попков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Метанол – лучший спирт для стеклоomyвающих жидкостей. Он обладает самой высокой среди одноатомных спиртов мойющей способностью и, как следствие, хорошей текучестью при низких температурах. Он разрешён во всех странах с суровым климатом: в США, Канаде, Швеции, Финляндии и т. д., но запрещён в России.

Ключевые слова: метанол, изопропанол, стеклоomyвающая жидкость, безопасность, автотранспортное средство.

THE ISSUE OF ROAD SAFETY OF VEHICULAR TRAFFIC

V.A. Smirnova, A.N. Popkov

Scientific Supervisor – **A.N. Popkov**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Methanol is the best alcohol for screenwash liquids. It has the highest washing ability among monatomic alcohols and as a result enough fluidity at low temperatures. It is allowed in all countries with severe climate: the USA, Canada, Sweden, Finland, etc., but it is prohibited in Russia.

Keywords: methanol, isopropanol, glass-breaking liquid, safety, motor vehicle.

Термин «безопасность дорожного движения» получил, в настоящее время свое нормативное регулирование, как в международных нормативных правовых актах, так и в федеральном законодательстве. Так, в соответствии с ч.1 ст. 7 Конвенции о дорожном движении пользователи дорог обязаны вести себя так, чтобы не создавать опасности, либо препятствий для движения, не подвергать опасности других людей и не на-

носить ущерба государственному, общественному или частному имуществу [1].

Нарушения установленных правил безопасности управления транспортными средствами и их эксплуатации приводят к гибели и травмированию людей, материальным потерям, дезорганизации движения, работы организаций и предприятий.

Значительна угроза общественной безопасности, представляющая нарушения в сфере использования автотранспортных средств (АТС), высокие мощности используемых источников, большие скорости движения, сложность технических систем предъявляют особые требования к лицам, работающим с транспортными средствами, и к тем, кто оказался в сфере их действия. Внимание, уделяемое проблемам дорожной безопасности, не случайно. Дело в том, что механический транспорт, в том числе и автомобильный, - величайшее благо для человечества, но при неправильном использовании он нередко бывает источником тяжелых, а подчас и трагических последствий.

Отмечу, что при анализе дорожно-транспортных происшествий внимание уделяется, как правило, явлению, а не его причине. Например, водитель не справился с управлением - это стало причиной аварии. Но не говорится о причине возникновения данного явления. Почему именно лицо не справилось с управлением.

При рассмотрении вопросов, связанных с безопасностью дорожного движения, основное внимание должно быть уделено перечню неисправностей и условий, при которых запрещается эксплуатация транспортных средств. Техническое состояние и оборудование, участвующих в дорожном движении транспортных средств, в части, относящейся к безопасности дорожного движения и охране окружающей среды, должно отвечать требованиям соответствующих стандартов, правил и руководств по их технической эксплуатации.

Например, АТС должно быть оснащено стеклоочистителями и стеклоомывателями ветрового стекла. Стеклоочистители ветровых стекол должны быть работоспособны и обеспечивать подачу жидкости в зоны очистки стекла. Эксплуатация АТС с неработающими в установленном режиме стеклоочистителями и стеклоомывателями запрещена. Методы проверки приведенных параметров регламентированы ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [2].

От качества работы стеклоочистителей и стеклоомывателей во многом зависит безопасность дорожного движения. Водитель, который будет управлять транспортным средством, должен иметь возможность беспрепятственно видеть дорогу впереди себя, а также иметь обзор справа и слева от транспортного средства.

Современные средства для защиты автомобильных стекол выпускают на основе следующих видов спиртовых соединений:

Метиловый спирт: самый дешевый вариант. Омыватель характеризуется невысокой стоимостью и низкой температурой замерзания. В России данный вид запрещен по причине опасности для здоровья;

Этиловый спирт: омыватель на его основе имеет запах обычной русской водки. Стоят эти средства не дешево, порой цена жидкости превышает стоимость самого горячительного напитка;

ИПС, или изопропиловый спирт: самый востребованный вид омывателей лобового стекла, поскольку здесь наблюдается оптимальное соотношения цены и качества. Средство успешно продается на территории России. Единственным негативным моментом здесь выступает неприятный и довольно резкий запах, с которым не могут справиться иногда даже концентрированные ароматизаторы.

Некоторые технические характеристики стеклоомывающих жидкостей на основе различных спиртов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики стеклоомывающих жидкостей на основе различных спиртов

Наименование	Вязкость, сСт	
	при - 4° С	при - 25° С
«- 25°» на основе изопропилового спирта	14,75	52,28
«- 25° » на основе этилового спирта	9,21	27,94
«- 25°» на основе метилового спирта	4,56	10,02

Пр и м е ч а н и е – Чем меньше, тем лучше

Хуже изопропиловой «незамерзайки» ничего нет, но именно она рекомендована для применения в качестве стеклоомывающей жидкости в России. Поэтому на морозе вместо мощной струи, очищающей лобовое стекло транспортного средства, вытекает слабенькая струйка, которая не достигает даже лобового стекла, а запах такой, что начинает «кружиться голова».

Почему не продают «омывайку» на основе метилового спирта (другое название – метанол)? Метанол к продаже в России запрещён.

До 2000 года метанол в России был на легальном положении. Но затем вступило в действие Постановление Главного государственного

санитарного врача от 23 мая 2000 года №4, и применение метанола в качестве стеклоомывающей жидкости было запрещено. В указанном постановлении нет ни слова о том, что метанол вреден для применения в данном качестве. Напротив, там указано: «...использование стеклоомывающих жидкостей на основе метанола по назначению не оказывает вредного воздействия на здоровье человека, что подтверждается многолетней практикой применения их за рубежом и отсутствием отравлений в нашей стране». Причина запрета проста и абсурдна – низкая культура быта низких слоев населения.

Такая забота о здоровье населения ставит под угрозу жизни миллионов водителей и пешеходов, которые могут получить травмы при минимальной видимости. За 19 лет ситуация не изменилась.

Водителям запрещают использовать метанол, а ведь он официально безопаснее, чем продаваемые ныне «омывайки». Исследования показали, что при использовании стеклоомывающих жидкостей на основе метанола его предельно допустимая концентрация в рабочей зоне достигается примерно через 5 мин, а на основе изопропанола – через 5-10 с. Заметим, что одноразовое включение стеклоомывателей составляет примерно такое же время и, следовательно, воздействие паров изопропанола на водителя наступит быстрее. Здесь внимательным и осторожным нужно быть всем, особенно аллергикам и людям со сверхчувствительным обонянием.

Метанол ядовит, только тогда когда попадает человеку в желудок. Значит, надо решить задачу предотвращения его употребления внутрь. Самый простой способ, сделать его денатулированным, то есть добавив в него денатониум бензоат (Bitrex). Сейчас этот продукт используется для денатулирования спирта в средствах для мытья окон, применяется как репеллент в составе красок для рисования пальцем (Германия). Битрекс испытывался по программе, согласованной с Роспотребнадзором, и прошёл все испытания. Это особо горькое вещество мгновенно отбивает охоту употреблять такую «незамерзайку» не по назначению. Достаточно, наряду с метанолом техническим, выпущенным в соответствии с ГОСТ 2222-95, выпускать денатулированный по ТУ или СТО [3].

Экономические последствия дорожно-транспортного травматизма оцениваются в интервале 1...3 % ВВП соответствующего государства. Сокращение дорожных аварий и несчастных случаев не только уменьшит моральные страдания, но и высвободит ресурсы для более продуктивного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о дорожном движении (Вена, 8 ноября 1968 г.) // Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных с иностранными государствами. М., 1979, вып. XXXIII.

2. ГОСТ 33997-2016 Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки.
3. ГОСТ 2222-95. Метанол технический. Технические условия.

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ МЕНЕДЖМЕНТА

П.А. Соснина, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается внедренная на предприятии интегрированная система менеджмента, для которой с целью надлежащего управления системой создается документ, контролирующий все процессы предприятия.

***Ключевые слова:** интегрированная система менеджмента, предприятие, документация интегрированной системы менеджмента*

CONTROL OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

P.A. Sosnina, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the integrated management system implemented in the enterprise, for which a document controlling all the processes of the enterprise is created for the purpose of proper management of the system.

***Keywords:** integrated management system, factory, documentation of integrated management system*

Интегрированная система менеджмента (ИСМ) представляет собой совокупность двух и более систем менеджмента, функционирующих как единое целое.

Для успешного функционирования интегрированной системы менеджмента предприятия и организации должны определиться с документооборотом системы.

Целью документирования является создание нормативно-организационной основы для построения, функционирования и постоянного улучшения ИСМ. Качественное документирование ИСМ должно обеспечить решение таких задач, как установление требований к осуще-

ствлению процессов, правильное понимание этих требований, воспроизводимость, прослеживаемость процессов и оценивание достигнутых результатов[1].

Документирование ИСМ предусматривает определение состава и структуры документов ИСМ, установление правил их доработки и идентификации. Детальное представление о построении документации ИСМ может быть получено при ее систематизированном структурировании[1].

Документация на предприятиях и организациях представляет собой нормативные документы внешнего и внутреннего происхождения.

К внешним нормативным документам относятся:

- законодательные и нормативно-правовые акты;
- международные и межгосударственные стандарты;
- национальные стандарты Российской Федерации;
- рекомендации, правила, методические указания, и другие документы, регулирующие деятельность предприятий и организаций.

К внутренним нормативным документам можно отнести:

- Политика предприятия или организации в области качества, экологии, безопасности и др.;
- Руководство по интегрированной системе менеджмента;
- Стандарты организации;
- Положения ИСМ;
- Карты процессов;
- Методические инструкции;
- Записи.

При этом внутреннюю документацию можно разделить на несколько уровней. Высшим уровнем считается: Политика предприятия или организации, Руководство по интегрированной системе менеджмента. Самым низким уровнем, обычно, считаются методические инструкции и записи.

Стандарты организации и Положения ИСМ описывают процессы по каждому этапу жизненного цикла продукции или услуги.

Анализируя стандарты системы менеджмента качества, системы экологического менеджмента и системы безопасности труда и охраны здоровья, можно заметить, что каждый из этих стандартов имеет пункт «Управление документированной информацией», «Управление документами». Данный пункт описывает, что любой, разрабатываемый в организации, документ должен анализироваться, актуализироваться и быть идентифицирован.

Для выполнения этого требования и поддержания интегрированной системы менеджмента в надлежащем состоянии, на предприятиях и в организациях необходимо создание такого Положения, как Положение «О процессе Управления интегрированной системой менеджмента».

В качестве рассматриваемого предприятия выступает ООО «Комацу Мэнюфэкчуринг Рус». Данное Положение будет содержать процедуру анализа и актуализации всех процессов и документов интегрированной системы менеджмента Комацу. Для создания такого документа можно опираться на цикл PDCA:

1. Планируй. В данном действии, каждый процесс и документ, функционирующие на предприятии и в организации, должны анализироваться, и должен быть составлен план действий. Ответственные за процессы жизненного цикла продукции и услуги, ответственные за документы должны задаться следующими вопросами:

– какие изменения произошли за период времени, или какие изменения необходимо внести;

– как сильно эти изменения повлияли или повлияют на процесс.

2. Выполняй. Выполнение намеченных планов.

3. Проверь. Необходимо убедиться, что все внесенные изменения положительно отражаются на предприятии и организации. Данное действие проводится через проведение внутренних аудитов.

4. Улучшай. Принятие решения об улучшении деятельности.

Положение «О процессе Управление интегрированной системой менеджмента» на основе цикла PDCA позволит обеспечить надлежащий контроль над функционирующей системой.

Данное Положение будет включать следующие разделы:

1. Общие положения, которые определяют цель процесса «Управление интегрированной системой менеджмента», которая представляет собой описание порядка работ с документационным обеспечением Комацу. Также, приводится перечень работников и структурных подразделений, на которых распространяется Положение «О процессе Управления ИСМ»

2. Термины, определения и сокращения. В разделе даётся ссылка на документ, в котором приведены все используемые термины, определения и сокращения. Если в ходе разработки Положения, возникают определения, которые не учтены в документе, то в этом пункте приводится это определение.

3. Описание процесса. Данный раздел имеет свои подразделы, в которых описан порядок управления, анализа и планирования показателей результативности ИСМ: Политикой в области качества и экологии; Программой развития ИСМ (на период); Планирования и разработки процессов жизненного цикла продукции; Деятельностью по аварийным ситуациям; Программой проведения внутренних аудитов; Анализом ИСМ высшим руководством.

Порядок управления этими элементами создается согласно циклу Деминга.

4. Ответственность. В данном разделе отражено, какую ответственность несут работники и структурные подразделения, на которых распространяется Положение.

5. Приложения. Приложения содержат графический материал в виде блок-схемы процесса, диаграмму декомпозиции по IDEF0 и карту процесса. Приведенные приложения отражают в наглядном виде весь процесс Управление ИСМ.

Таким образом, разработанный документ позволит управлять всеми процессами интегрированной системой менеджмента и их рисками с целью повышения результативности функционирования системы на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латыпова Л.В. Документация интегрированной системы менеджмента качества // Современные научные исследования в сфере экономики. Сборник результатов научных исследований. Киров, 2018. С. 668-676.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ВКЛАДЫШЕЙ

М.И. Волянский, С.А. Соловьева

Научный руководитель – **С.А. Соловьева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются все этапы технологического процесса производства моторно-осевых вкладышей. Производится анализ брака с последующим ранжированием по видам. Выявлены этапы производства, требующие корректировку. Проведена актуализация документов, связанных с этими этапами.

Ключевые слова: моторно-осевые вкладыши, карты подпроцессов, диаграммы хода действия, актуализация документации.

DOCUMENTATION REVISION FOR THE MOTOR-AXIAL BEARING MANUFACTURING

M.I. Volyansky, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

All stages of technological process of production of motor-axial inserts are considered. The analysis of marriage with the subsequent ranking by types is made. The stages of production requiring adjustment are revealed. The documents related to these stages have been updated.

Keywords: motor-axial bearings, sub-maps, charts the course of action, updated documentation.

Качество производственного процесса предприятия характеризуется наличием или отсутствием брака, его уровнем, так как в большинстве случаев даже малейший брак на предприятии может спровоцировать потерю сырья и негативно сказаться на общем финансовом состоянии организации. Такой брак может привести и к другим более серьезным проблемам.

Браком в производстве считаются изделия, полуфабрикаты, детали, узлы и работы, которые не соответствуют по своему качеству установленным стандартам или техническим условиям, не могут быть использованы по своему прямому назначению или могут быть использованы лишь после исправления.

Анализ брака на предприятии преследует две основные цели: первая из них заключается в выявлении причин брака и их дальнейшем устранении. Второй важной целью проведения такого анализа является выявление виновных в том, что часть продукции предприятия оказалась не соответствующей нормативам. С этой точки зрения, анализ брака является частью контроля эффективности деятельности всех работников предприятия.

При прохождении практики на ЯЭРЗ мною были проанализированы данные внутриводского брака. Анализ показал, что большую долю в брак вносят моторно-осевые вкладыши. Поэтому было решено произвести анализ техпроцесса производства моторно-осевых вкладышей и актуализацию документации, связанной с этим процессом.

Актуализация документации представляет собой процесс ее поддержания в рабочем состоянии путем внесения в ее экземпляры принятых в установленном порядке изменений, дополнений, поправок. Для актуализации документации по изготовлению моторно-осевых вкладышей необходимо выявить существующие недостатки процесса. С этой целью мной был произведен анализ брака моторно-осевых вкладышей. Результаты приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1. Распределение брака за май 2018 моторно-осевых вкладышей по признакам

№	Наименование	Доля	Шт.
1	Недоливы	1%	2
2	Неслитины	2%	4
3	Трещины	2%	4
4	Сквозные раковины	8%	16
5	Угар	4%	8
6	Несоответствие размеру	0%	0
Всего		17%	34

Таблица 2. Распределение брака за май 2018 моторно-осевых вкладышей по видам брака

№	Наименование	Доля	Шт.
1	Внутрищевой	17%	34
2	Межщевой	0%	0
3	Поставщик	0%	0
Всего		17%	34

Таблица 3. Распределение брака за май 2018 моторно-осевых вкладышей по причинам

№	Наименование	Доля	Шт.
1	Нарушение технологии	8%	16
2	Неисправность оборудования	2%	4
3	Небрежная транспортировка	0%	0
4	Небрежность рабочего	2%	4
5	Плохое качество материалов	0%	0
6	Недостаточный инструктаж рабочего	2%	4
7	Неправильный техпроцесс	0%	0
8	Ошибка чертежа	0%	0
9	Не установлена	3%	6
10	Недостаточная квалификация	0%	0
11	Недостатки приспособления	0%	0
12	Некачественный режущий инструмент	0%	0
13	Естественное старение	0%	0
Всего		17%	34

Для выявления этапов в техпроцессе, которые требуют корректировки, мной были ранжированы виды брака. Результаты показали, что наибольшая доля брака приходится на процесс литья.

Для выявления документов, которые необходимо исправить в процессе производства моторно-осевых вкладышей, нужно более детально проанализировать процесс их литья. Для этого мной были составлены карты подпроцессов и диаграммы хода действия, которые описывают этапы литья моторно-осевых вкладышей.

Далее необходимо провести их анализ с целью выявления возможных этапов появления брака. Подробный анализ документов, описывающих эти этапы, позволит выявить стандарты, подлежащие актуализации. Это необходимо для создания правильной последовательности действий, которая должна снизить количество бракованных изделий, и, следова-

тельно, снизить все возможные расходы на создание моторно-осевых вкладышей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО СМК 026-022-2011 Управление несоответствующей продукцией.
2. СТО СМК 026-047-2011 КЛАССИФИКАТОР БРАКА.
3. Комплект документов на изготовление моторно-осевых вкладышей 8ТН.263.028/029 Т584.62.02.00 литьем в кокиль.
4. СТ ЯЭРЗ 1.3.0.0-01-2018 Контроль качества продукции и проведение испытаний.

ДОКУМЕНТАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Т.А. Бахарева, Е.Ф. Трофимов

Научный руководитель – **Е.Ф. Трофимов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучены особенности метрологического обеспечения производства и важность его документального сопровождения в производственных процессах, а также информационные потоки и их особенности. Ставится задача создания удобной и понятной формы представления взаимодействия документации в области метрологического обеспечения предприятия.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, документация, информационные потоки, производственные процессы, предприятие, качество, обеспечение единства измерений и требуемой точности.

DOCUMENTATION ACCOMPANIMENT OF METROLOGICAL ASSURANCE OF PRODUCTION

T.A. Bahareva, E.F. Trofimov

Scientific Supervisor – **E.F. Trofimov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The features of metrological support of production and the importance of its documentary accompaniment in production processes, as well as information flows and their features are studied. The task is to create a convenient and understandable form of representing the interaction of documentation in the field of metrological support of an enterprise.

Keywords: metrological support, documentation, information flows, production processes, enterprise, quality, ensuring the unity of measurements and the required accuracy.

Метрология как наука охватывает круг проблем, связанных с измерениями, качеством и обеспечением требуемой точности. В настоящее время промышленность сталкивается с проблемой несоответствия сырья, материалов и средств измерений предъявляемым требованиям качества и достоверности результатов, что часто требует дополнительной проверки [1].

Почти любое предприятие выпускающее продукцию в нашей стране, имеет устаревшее отечественное оборудование и не поверенные средства измерений, что приводит к несоответствию необходимому уровню качества продукции [1].

Документальное сопровождение метрологического обеспечения предприятия описывает идеальную систему управления метрологией, качеством продукции и требуемой точности на производстве. Оно подтверждает эффективность и результативность метрологического обеспечения, ставит цели и задачи, для их выполнения, и регулирует метрологическое состояние производства.

Метрологическое обеспечение производства организует и проводит все виды измерений и обеспечивает единство измерений и требуемую точность. Метрологические службы ответственны за все средства измерений на предприятии и обязаны поддерживать их в исправном состоянии и согласно графику проводить их поверку и калибровку (самостоятельными силами или с привлечением сторонних организаций). Также метрологическое обеспечение подразумевает аттестацию методик выполнения измерений и метрологическую экспертизу документации.

На каждом предприятии должен иметься комплект документации в области метрологического обеспечения. Этот комплект необходим для использования на производстве любой продукции. Комплект документов в области метрологического обеспечения в основном регламентирует общие организационные вопросы по метрологическому обеспечению производства, определяет порядок проведения различных мероприятий по метрологическому обеспечению. Также он определяет требования к правильному хранению и использованию средств измерений и регламентирует процесс проведения измерений и испытаний на производстве.

Основным и главным документом в области метрологического обеспечения производства является федеральный закон РФ №102 «Об обеспечении единства измерений». Далее по важности идут постановления правительства РФ и приказы министерств РФ. Уже после постановлений и приказов идут: международные и межгосударственные соглашения и стандарты; национальные и государственные стандарты РФ; правила и рекомендации; информационно технические справочники и технические регламенты; стандарты организаций и технические условия; положения о метрологических службах, а также методическая документация федеральных и региональных органов государственного управле-

ния в области деятельности метрологического обеспечения производства и др. Все перечисленные документы важны при производстве продукции, но на каждом производстве комплект документов создается индивидуально с учетом особенностей производства конкретной продукции.

На предприятиях кроме обязательного комплекта документов в области метрологического обеспечения должны быть:

- назначены должностные лица, ответственные за метрологическое обеспечение на производстве;
- определены порядки учета, хранения, изменения документации в области метрологического обеспечения;
- определен способ доведения информации о новых документах и изменениях в документации до сотрудников предприятия, участвующих в метрологическом обеспечении производства и использующих средства измерений;
- организован и определен порядок обработки и оформления результатов измерений на производстве при контроле продукции.

Также на любом производстве, в рамках метрологического обеспечения, обязательно должен быть учет, хранение и ведение рабочей документации в области метрологического обеспечения производства. К рабочей документации относятся: журналы учета средств измерений, акты о браке продукции, инструкции по эксплуатации средств измерений и стендового оборудования, паспорта, аттестаты и сертификаты поверки и калибровки средств измерений и стендового оборудования, графики поверки и калибровки, акты или журналы о проведении измерений и испытаний продукции и т.д.

Для совершенствования средств и методов метрологического обеспечения на предприятии рекомендуется проводить анализ состояния средств измерений, выявления недостатков влияющих на качество продукции и проведения аудитов. К данным мероприятиям также необходима нормативная и руководящая документация.

Все документы метрологического обеспечения, перечисленные выше, взаимосвязаны между собой и активно взаимодействуют в процессе осуществления деятельности в области метрологического обеспечения производственных процессов предприятия.

Взаимодействие и взаимосвязь документов должна быть понятна всем сотрудникам метрологической службы предприятия. Наиболее удобной формой представления такого взаимодействия является схема информационных потоков. Управление метрологическим обеспечением производства и его документальное сопровождение является важной частью и подсистемой информационных потоков. На рис. 1 представлена схема информационных потоков документации метрологического обеспечения производства.

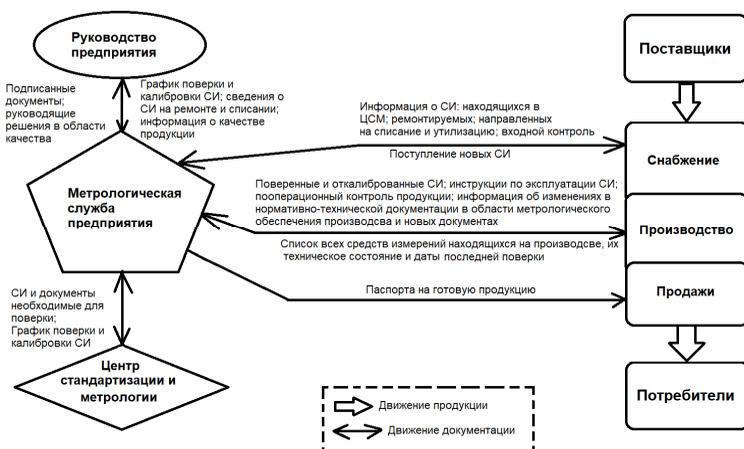


Рис. 1. Схема информационных потоков документации метрологического обеспечения производства

Документационное сопровождение метрологического обеспечения производства должно в определенной степени обеспечивать оптимизацию управления технологическими процессами и предприятием в целом, стабилизировать процессы, поддерживать качество изготовления продукции. При этом затраты на метрологическое обеспечение производства должны соответствовать масштабам производства, сложности технологических циклов и в конечном счете не только окупаться, но и приносить доход [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балаханов М.В. «Метрологическое обеспечение пищевой промышленности: необходимость взаимодействия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metrologicheskoe-obespechenie-pischevoy-promyshlennosti-neobhodimost-vzaimodeystviya> (дата обращения 21.02.2019).
2. Федеральный закон № 102 «Об обеспечении единства измерений» от 13.07.2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения 11.03.2019).
3. Metrob.ru «Метрологическое обеспечение производства» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://metrob.ru/html/mo/> (дата обращения 11.03.2019).

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СТРУКТУРЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Н.А. Костенко, Е.О. Побегалова

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ документов по стандартизации РФ, регламентирующих требования к жизненному циклу. Выявлено несоответствие структуры жизненного цикла в различных отраслях. Составлен типовой перечень стадий жизненного цикла продукции.

Ключевые слова: *жизненный цикл продукции, стадия жизненного цикла продукции, этап жизненного цикла продукции.*

ANALYSIS OF REQUIREMENTS TO THE STRUCTURE OF THE LIFE CYCLE

N.A. Kostenko, E.O. Pobegalova

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Analysis of regulating the requirements for the life cycle standardization documents of the Russian Federation is conducted. The non-conformances of the structure of the life cycle in different industries are exposed. The standard item of product life cycle stages is composed.

Keywords: *life cycle, life cycle stage, standardization.*

При управлении качеством продукции непосредственными объектами управления, как правило, являются процессы, от которых зависит качество продукции, организуемые и протекающие на допроизводственной и производственной стадиях создания продукции, а также на послепроизводственной стадии ее существования (эксплуатации или потребления) [1].

В соответствии с рекомендациями по стандартизации совокупность этапов, через которые проходит изделие за время своего существования называется жизненным циклом продукции [2].

Понятие жизненного цикла используется в различных отраслях промышленности. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 устанавливает требования к деятельности на стадиях жизненного цикла, однако перечень стадий для различных объектов может отличаться.

Проанализировав требования, содержащиеся в нормативно-методических документах различных сфер, была составлена сводная таблица, в которой наглядно представлены наиболее распространенные стадии жизненного цикла (табл. 1).

Таблица 1. Требования к стадиям жизненного цикла в различных отраслях

Нормативный документ	Наименование стадии жизненного цикла										Итого
	Маркетинговые исследования	Составление технического задания	Проектирование и разработка	Закупки	Подготовка производства	Производство	Контроль качества	Эксплуатация	Тех. поддержка	Утилизация	
Р 50.1.031-2001 [2]	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	8/10
ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [3]	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	7/10
ГОСТ Р 56135-2014 [4]	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	6/10
ГОСТ Р ИСО 20140-1-2014 [5]	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	4/10
ГОСТ Р 56518-2015 [6]	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	8/10
ГОСТ Р 57318-2016 [7]	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	6/10

Все национальные стандарты, так или иначе, не учитывают какую-либо из выделенных стадий жизненного цикла, что в свою очередь может негативно повлиять на качество изготавливаемой продукции.

Наиболее полное содержание жизненного цикла представлено в документах космической отрасли и в области систем менеджмента.

Однако ГОСТ Р ИСО 9001-2015 является обобщающим и не учитывает ряд стадий, которые, так или иначе, присутствуют в других областях.

Подводя итоги, можно предложить типовую структуру жизненного цикла продукции, состоящую из следующих стадий:

1. маркетинговые исследования;
2. создание технического задания;
3. проектирование и разработка;
4. закупки;
5. производство;
6. контроль качества;
7. эксплуатация;
8. техническая поддержка;
9. утилизация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2009. 21 с.
2. Р 50.1.031-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 28 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартиформ, 2018. 24 с.
4. ГОСТ Р 56135-2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. М.: Стандартиформ, 2016. 15 с.
5. ГОСТ Р ИСО 20140-1-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Оценка энергетической эффективности и прочих факторов производственных систем, воздействующих на окружающую среду. Часть 1. Обзор и общие принципы. М.: Стандартиформ, 2015. 54 с.
6. ГОСТ Р 56518-2015 Техника космическая. Требования к системам менеджмента качества организаций, участвующих в создании, производстве и эксплуатации. М.: Стандартиформ, 2015. 38 с.
7. ГОСТ Р 57318-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Применение и управление процессами системной инженерии. М.: Стандартиформ, 2017. 80 с.

ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЮДЖЕТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.Д. Смирнова, Е.Ф. Трофимов

Научный руководитель – **Е.Ф. Трофимов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается устойчивое развитие отдельной организации, являющейся элементом экономической системы региона, при условии внедрения в практику управления элементов моделирования от оценки устойчивости до реализации планов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, принцип, повышение качества.

BUDGET ORGANIZATION SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRINCIPLES

A.D. Smirnova, E.F. Trofimov

Scientific Supervisor – **E.F. Trofimov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the sustainable development of a separate organization, which is an element of the economic system of the region, subject to the introduction of management modeling elements from sustainability assessment to the plans implementation.

Keywords: sustainable development, principle, quality improvement.

Устойчивое развитие – получающая признание форма организации общественных связей, призванная решать проблему сбалансированности текущего и многообещающего прогресса, устраняющая апорию неверной дислокации потенциала внутри и между поколениями. Представление устойчивого развития стало логическим продуктом технического совершенствования, повышения экономики и перемен в общественном понимании, в результате которых во второй половине двадцатого века обще-

ство стало понимать взаимосвязанность всех граней экономического развития [1].

Социально-экономическое совершенствование к тому идет, что оно должно быть настроено на усовершенствование качества жизни человечества (укрепление здоровья, повышение долголетия, получение нужного образования, обеспечение свобод, прав и т.д.).

Развитие должно осуществляться так, чтобы в одинаковой степени обеспечить осуществимость сатисфакции основных жизненных нужд как нынешнего, так и будущих поколений при сбережении естественной среды.

Рассмотрим концепцию устойчивого развития на примере Красноперекопского психоневрологического интерната. Данная идея предполагает четыре базисных принципа: справедливости, поддержании природных условий, единства мышления, «думать о будущем – действовать сейчас» [2].

Задача организации – это постоянное улучшение качества жизни престарелых людей и инвалидов, создание для них подходящей терапевтической обстановки, в соответствии их возрасту, специфическим особенностям и состоянию здоровья. Основной целью коллектива является непрекращающееся улучшение качества предоставляемых общественной помощи, повышение уровня удовлетворенности проживающих сервисом, развитие инновационных возможностей учреждения. [3]

Принцип справедливости является важнейшим в устойчивом развитии и нацеливает на непрерывное улучшение качества жизни проживающих в интернате людей и инвалидов, создание для них благоприятной терапевтической обстановки, соответствующей их возрасту, состоянию здоровья и своеобразным особенностям. Данный принцип означает, что блага, возможности и ответственности должны быть расщедоточить справедливо между обществами каждой страны.

Концепция сохранения окружающей среды, допускающая такую подготовку определенных процедур функционирования, которые не приводили бы к непоправимым процессам в природе, не дезорганизовывали возможности к самовосстановлению.

Экологическая составляющая изначально выступала основополагающей идеей концепции устойчивого развития (это вполне справедливо, поскольку природный капитал был и, по крайней мере, в обозримом будущем будет базисом развития цивилизации). Она призвана обеспечивать целостность физических и биологических природных систем в процессе их взаимодействия с экономическими и социальными системами. Достижение этого осуществляется мероприятиями социализирующей и реабилитационной направленности осуществляемые сотрудниками учреждения, а именно работы по благоустройству территории.

Принцип целостности мышления акцентирует интерес на стабильном улучшении качества жизни людей, которое допустимо исключительно при осознании сложности построения социо-эколого-экономической концепции, взаимосвязанности ее субъектов. Само социально-устойчивое развитие, несмотря на антагонизм большинства его ценностей принципам экономического развития, тем не менее, является неотъемлемой частью многих экономических решений. Организация социально-трудоустройственной реабилитации людей с ограниченными возможностями в психоневрологическом интернате носит комплексный характер. Это позволяет многосторонне влиять на индивидуально-психологические и психофизиологические направления развития инвалидов, т.е. формирование и восстановление.

В добавление, технологии социально-трудоустройственного восстановления инвалидов, прибывающих в вышеуказанном учреждении воспроизводят системный подход, взаимосвязь, взаимозависимость, а также последовательность реабилитационных процедур и взаимодействие профессионалов. Эффективность технологий социально-трудоустройственной реабилитации отражается в итоговой форме в повышении уровня социального приспособления, степени социального развития.

Следующий принцип "думать глобально – действовать локально" возможно рецензировать в физическом пространстве, а именно: "думать о будущем – действовать сейчас". Это значит, что при решении существующих задач необходимо помнить о долговременной перспективе и действовать согласно с ней, проанализировать предшествующий опыт, чтобы иметь полное мнение об источнике проблемы и ее допустимых решениях.

Для этого создаются ранее не известные социальные технологии в опыте реабилитационной практики. Тезис «технология», постоянно используемое в управленческой области, нашел свою роль и в других сферах знаний [2]. К примеру, понятие «социальные технологии» значит систему приемов выявления и применения невидимых потенциалов социальной системы согласно с целями ее развития, социальными показателями. Социальные технологии можно исследовать как комплекс операций, процедур социального влияния на порядок получения оптимального социального достижения. Социальные технологи – это определенные приемы действия на социальные объекты, их труд, поведение, психическое состояние и так далее с миссией совершенствования процессов адаптации к условиям жизни в обществе.

Таким образом, устойчивым развитием бюджетной организации является такая её деятельность, при которой в условиях воздействия на неё внешней среды она способна сохранять свою целостность и само-

стоятельность как элемента хозяйствования и достигать поставленных стратегических и нынешних результатов (целей) [4].

Нетрудно заметить, что хотя бы каждый из приведенных принципов устойчивого развития отражает некоторую точку зрения человеческой деятельности, фактически, они выражает целостный процесс создания ценностей. Следственно, когда речь идет о создании стратегии устойчивого развития и определенных процедур по ее исполнению, все элементы, представляющиеся средствами целедостижения развития, должны рассматриваться соразмерно, во взаимной увязке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мнацаканян А.Г. Принципы устойчивого развития в управлении компанией / А.Г. Мнацаканян, А.Г. Харин // Социально-экономические явления и процессы. Т. 11, № 10. С. 41-50.
2. Вольский А. Инновационный фактор обеспечения устойчивого экономического развития / А. Вольский // Инновационная деятельность. 2005. № 1. С. 4-12.
3. Красноперекоский психоневрологический интерна. Инновации [Электронный ресурс]: КПНИ. Электрон. текст. дан. Режим доступа: <http://kpn176.ru/cat/innovacii/>
4. Дударев А.С. Факторы устойчивого экономического развития / А.С. Дударев // Предприниматель. 2006. № 8. 59 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Ю.В. Баскова, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Приведено описание продукции, выпускаемой ПАО «Тутаевский моторный завод», средства измерений линейных размеров и основные этапы разработки методики выполнения измерений линейных размеров деталей.

***Ключевые слова:** методика измерений, измерения, средства измерения, этапы*

USE OF STANDARDIZATION IN THE DEVELOPMENT OF MEASUREMENT IMPLEMENTATION TECHNIQUES

Yu.V. Baskova, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Description of products manufactured by PJSC "Tutaev Motor Plant" is introduced, measuring the linear dimensions and the main stages of the development techniques for measuring the linear dimensions of parts.

***Keywords:** measurement techniques, measurements, measuring instruments, stages*

Продукцией, которую выпускает ПАО «Тутаевский моторный завод», являются двигатели различных типов и моделей, к которым относятся автомобильные, промышленные, тракторные, специальные, и перспективные, а также судовые электроагрегаты и коробки передач для двигателей ЯМЗ. Также предприятие изготавливает различные комплектующие детали и сборочные единицы для двигателей, оказывает услуги

по изготовлению заготовок и поковок из углеродистых и легированных сталей.

При изготовлении продукции на предприятии используются следующие технологии: литьё металла; штамповка; обработка резанием; термообработка детали; очистка от окалины; шлифование детали; полировка детали; сборка двигателя. После каждого этапа, предусмотренного процессом изготовления изделия, проводится контроль продукции. Для этого применяются линейные, угловые измерения, измерения механических свойств материала, электро- и радиоизмерения. Измерение линейных размеров деталей является наиболее широко используемой методикой контроля.

Для измерения линейных размеров деталей на предприятии используется множество средств измерений. Например, штангенциркуль, длинномер, концевые меры и эталоны. Для контроля годности размеров детали применяются калибры-скобы, калибры-пробки.

Для проведения любого измерения необходима документально оформленная методика выполнения измерения. Методика выполнения измерений – это установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений в соответствии с принятым методом измерений [1]. Она является неотъемлемой частью документации, связанной с технологическими процессами любого предприятия.

Выполнение измерений должно содержать следующие этапы:

- 1) подготовка к измерению:
 - проверка на соответствие условий измерений нормальным условиям окружающей среды (или каким-либо другим условиям окружающей среды, требуемым для измерения);
 - проверка соблюдения условий безопасности и охраны окружающей среды;
 - подготовка средств измерения к работе;
- 2) проведение измерения размеров детали (не менее 3-х раз каждый);
- 3) обработка результатов измерения;
- 4) оформление результатов измерения в форме, установленной предприятием;
- 5) проведение контроля точности результатов измерений, период которых определяется предприятием.

Этапы измерений отражаются в методике выполнения, которая оформляется в виде стандарта организации. Он должен включать прежде всего типовые разделы: титульный лист; общие сведения о стандарте; содержание; область применения; нормативные ссылки; термины и определения; обозначения и сокращения, библиографию.

Для разработки стандарта организации о методике выполнения измерений требуется использовать много государственных стандартов. Так средства измерений линейных размеров выбираются на основе государственных стандартов, в которых указаны их метрологические характеристики. Например, штангенциркули следует выбирать по ГОСТ 166-91 «Штангенциркули. Технические условия», а для определения условий измерений существует ГОСТ 8.050-73 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений».

Основная часть стандарта должна определять требования к этапам выполнения измерений и включать: требования к показателям точности измерений; к средствам измерений, вспомогательным устройствам; к условиям измерений; к безопасности и охране окружающей среды; к квалификации операторов. Кроме того, необходимо описать методы измерений; порядок подготовки к выполнению измерений и выполнения измерений; обработку результатов измерений; форму представления результатов измерений; контроль точности результатов измерений [1].

Таким образом, при разработке методик выполнения измерения используются результаты деятельности по стандартизации применительно к производственным задачам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.010-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений. Основные положения [Текст]. Введ. 2015-03-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов.

АНАЛИЗ ТРЕБУЕМОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

А.Е. Глазунова, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализировано метрологическое обеспечения для оценки состояния измерений в испытательной лаборатории, определены цели метрологического обеспечения и процесс оценки состояния измерений в испытательных лабораториях.

***Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, оценка состояния измерений.*

ANALYSIS OF THE REQUIRED METROLOGICAL SUPERVISION FOR EVALUATING THE CONDITION OF MEASUREMENTS IN THE TESTING LABORATORY

A.E. Glazunova, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The metrological assurance for assessing the state of measurements in the testing laboratory is analyzed, the objectives of the metrological assurance and the process of assessing the status of measurements in testing laboratories are defined.

***Keywords:** metrological assurance, assessment of measurement status.*

Качество выпускаемой продукции зависит как от качества технологических процессов производства, так и от качества выполняемых в процессе производства и при приемке готовой продукции измерительных и контрольных операций. Измерения и инструментальный измерительный контроль являются важными элементами управления качеством про-

дукции. Для их выполнения необходимо наличие метрологического обеспечения (МО).

Под МО понимается применение и установление научных, а также организационных основ, правил и норм, которые необходимы для достижения единства и необходимой точности измерений технических средств [1]. Целью МО измерений является создание условий для получения измерительной информации, которая обладает свойствами, достаточными и необходимыми для выработки определенных решений как в областях, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы. МО определяется основами, структура которых представлена на рис. 1.

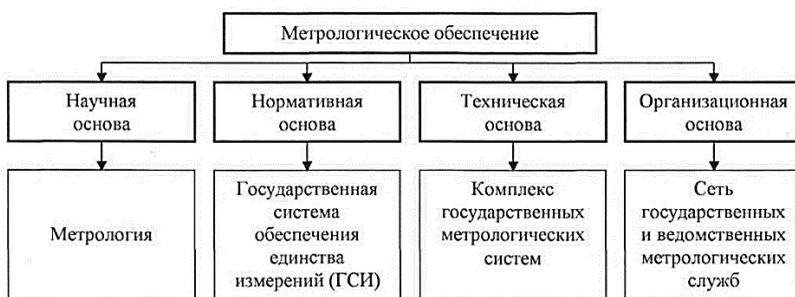


Рис. 1. Структура основ метрологического обеспечения

На производстве за обеспечением качества работ по контролю изготавливаемой продукции обычно следит испытательная лаборатория. Поэтому необходимо соответствие такой лаборатории законам РФ, нормативной и технической документации. Из-за того, что необходимо обеспечение единства и требуемой точности измерений формулируются задачи МО испытательной лаборатории, к которым относятся:

- проведение анализа состояния измерений, разработка и осуществление мероприятий по совершенствованию МО на предприятии;
- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений, внедрение современных методов выполнения измерений, испытаний и контроля;
- проведение метрологической экспертизы нормативной, технической, конструкторской и технологической документации;
- поверка и метрологическая аттестация средств измерений (СИ);
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом СИ.

Анализ состояния МО рекомендуется начать с описания объектов или процессов, в отношении которых будет осуществлена оценка состоя-

ния измерений, с целью установления их характеристик и принятия (на основании полученной информации), а также определенных управляющих решений [2].

Оценка состояния измерений (аттестация) – это процедура, в течение которой устанавливают компетентности лаборатории в проведении измерений и испытаний в соответствии с необходимыми требованиями нормативных документов.

Оценку состояния измерений проводят с целью установления и подтверждения соответствия требуемых условий, за которые выполняются измерения в лаборатории в зависимости от направления ее деятельности и учитывая действующие нормативные правовые акты и документы по стандартизации, которые в свою очередь устанавливают требования к выполняемым измерениям в области деятельности конкретной лаборатории. Данная процедура регламентирована МИ 2427-2016. Эту процедуру проводят организации, подведомственные Росстандарту, аккредитованные в области обеспечения единства измерений, на основании поступившей заявки [3].

Оценка состояния измерений осуществляется для того, чтобы официально подтвердить наличие условий в лаборатории, где выполняются измерения и проводятся исследования (испытания), а также, для подтверждения возможности осуществления производственного контроля выпускаемой продукции, входного контроля сырья и материалов.

В процессе оценки состояния измерений в лаборатории проверяются:

- наличие необходимых документов, которые устанавливают требования к заявленным объектам измерений, измеряемым в них показателям, и методикам (методам) измерений (испытаний);
- наличие необходимых средств измерений и методов измерений;
- наличие в лаборатории необходимого испытательного оборудования;
- наличие применяемых стандартных образцов для градуировки и контроля точности результатов измерений;
- наличие применяемых методик (методы) измерений (испытаний) при контроле заявленных объектов и показателей,
- укомплектованность компетентным персоналом и наличие их должностных инструкций;
- наличие необходимых лабораторных помещений для проведения измерений (испытаний), имеющих документальное подтверждение соответствия их требованиям безопасности;
- наличие необходимого фонда нормативной и технической документации, применяемого для реализации деятельности лаборатории в заявленной области измерений, и его актуализация;
- Положение о лаборатории;

- Руководство по качеству или документы, выполняющие его функции и регламентирующие систему управления качеством работ, выполняемых лабораторией в заявляемой области деятельности.

Таким образом, оценка состояния измерений требует прежде всего наличия в лаборатории необходимого метрологического обеспечения, которое было бы документально подтверждено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2015. 15 с.
2. ГОСТР 8.892 2015 Государственная система обеспечения единства измерений МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ Анализ состояния на предприятии, в организации, объединении. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.
3. МИ 2427-2016 (с изменением № 1) «Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендация. Оценка состояний измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля». М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Н.С. Соколова, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализированы современные документы, определяющие оценку состояния измерений в испытательных лабораториях. Выявлены положения, требующие актуализации.

Ключевые слова: измерительная лаборатория, актуализация

MODERN REQUIREMENTS TO METROLOGICAL STATE VALUE OF TESTING LABORATORIES

N.S. Sokolova, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Current documents regulating the evaluation of measurement state in the testing laboratories are analyzed. The provisions are revealed which need to be actualized.

Keywords: measuring laboratory, actualization.

Испытательные лаборатории осуществляют контроль и испытания различных видов продукции и материалов на соответствие требованиям нормативных документов (стандартов, регламентов, технических условий и пр.). С течением времени в нормативные документы вносятся изменения, поэтому документация, использующая их, должна быть актуализирована. Актуализация – оперативное и четкое внесение в документы сведений об отмене, о полной или частичной замене, об изменениях нормативной документации. В частности, была изменена методическая инструкция МИ 2427-1997 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оценка состояния измерений в испытательных и измеритель-

ных лабораториях» на новую редакцию 2016 года, имеющую название МИ 2427-2016 «Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля».

Проанализированные документы кроме названия и года издания различаются в нескольких разделах. Так в пункте «Организация работ по оценке состояния измерений» регламентируется деятельность руководства лаборатории по обеспечению условий, необходимых для работы комиссии: выделяет помещение для работы, представляет необходимые документы и материалы, оказывает множительные услуги, а также выделяет должностное лицо с правом подписи документов. В современной редакции документа увеличивается число требований к подготовленным материалам, а также для проведения оценки состояния измерений руководитель организации, подведомственной Росстандарту, получивший соответствующую заявку, назначает ответственных лиц за проведение этих работ, которые формируют состав комиссии, при необходимости согласовывают его с заявителем и оформляют проект договора на проведение работ. При этом исключено требование к руководителю руководителя организации, ответственной за проведение этих работ, устанавливать состав комиссии.

Произошли изменения и в разделе «Оформление результатов». Остались неизменными три пункта:

- по результатам оценки состояния измерений, составляется акт, который доводится до сведения руководителя лаборатории и представляется в организацию, ответственную за проведение оценки состояния измерений;
- в зависимости от целей работы и выявленного состояния измерений в лаборатории в акте делают вывод о соответствии достигнутого уровня метрологического обеспечения измерений современным требованиям или наличию (отсутствию) условий для выполнения измерений в закрепленной за лабораторией области деятельности;
- определяется область использования объектов, если существуют недостатки, и оформляют документы только для тех объектов и показателей, для которых обеспечены условия выполнения измерений.

В этом разделе существуют два изменения:

- увеличилось число учитываемых нарушений и появились такие, как: « применение аттестованной методики (метода) измерений вне области ее применения; неприменение процедур контроля точности результатов измерений, предусмотренных в документах, регламентирующих методики (методы) измерений (испытаний)»,
- сокращен срок действия выданного заключения до трех лет.

Не менее важно то, что в современном документе добавился такой раздел, как «Термины и определения», что позволяет более правильно использовать их в документации.

Таким образом, в современной редакции методической инструкции содержится больше требований, как для подачи заявки, так и для оформления требуемой документации, а проводится более тщательная проверка нарушений и добавлены необходимые пункты для испытаний. Необходимо назначать уполномоченного человека, который будет отвечать за соответствие продукции современным требованиям, проводить аудит, следить за соблюдением срока действия заключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МИ 2427-1997 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оценка состояния измерений в испытательных и измерительных лабораториях».
2. МИ 2427-2016 «Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля».

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА И МАССЫ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРЕ

В.И. Уткина, Е.Ф. Трофимов

Научный руководитель – **Е.Ф. Трофимов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье проанализирована разработка методики измерений. Проверена актуальность и определена роль использования документа в реальных условиях.

***Ключевые слова:** разработка методики измерения, объем и масса нефти, резервуар.*

THE DEVELOPMENT OF TECHNIQUE OF MEASUREMENT OF VOLUME AND MASS OF CRUDE OIL IN THE TANK

V.I. Utkina, E.F. Trofimov

Scientific Supervisor – **E.F. Trofimov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article analyzes the development of measurement technique. Relevance is checked and the role of use of the document for real conditions is defined.

***Keywords:** development of measurement technique, oil volume and mass, reservoir.*

ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» – крупное нефтеперерабатывающее предприятие, расположенное в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО). Старейший в отрасли завод перерабатывает смесь малосернистой усинской нефти. Это предприятие нуждается в разработке методики измерений объема и массы нефти в резервуарах, в связи с тем, что при проведении этих измерений и при соблюдении всех условий, прописанных в методике, в реальности погрешность, также прописанная в этой методике, не совпадает с данной. Соответственно, целью

будет являться разработкой такой методики, где бы погрешность и результаты измерений совпадали с прописанными значениями.

Методики измерений или методики выполнения измерений являются одним из важнейших и неотъемлемых элементов деятельности любой лаборатории.

Результатом деятельности («продуктом») лаборатории является результат измерений (для величин), результат испытаний и/или анализ (для качественных свойств). И как к любому продукту деятельности, к результатам измерений/испытаний/анализа потребителем предъявляются требования к качеству в зависимости от предназначенного использования этих результатов. Процесс получения результатов измерений/испытаний/анализа прописывается в методике измерений. Качество методики измерений напрямую влияет на качество получаемых по ней результатов измерений/испытаний/анализа [1].

Для разработки методики измерения объема и массы нефти в резервуаре вертикальный стальной со стационарной крышей с понтоном (рис. 1) была предоставлена нормативно-техническая документация: сводные таблицы проведения измерений и полученных погрешностей, методика измерений (в которой прописаны методы проведения испытания), основные характеристики резервуара (измерения объема и массы нефти). На основании этих документов будет разработана новая методика, подходящая реальным условиям. Стандартные методы измерения могут не подходить, так как территориально ООО «ЛУКОЙЛ-УНП» расположен в Республике Коми, г.Ухта.

При выполнении измерений применяют следующие СИ и вспомогательные устройства:

1. Уровнемер 5300 (далее – преобразователь уровня).
2. Термопреобразователь сопротивления многоточечный NLI (№ 58183-14 в ФИФОЕИ).
3. Преобразователь измерительный Rosemount 848T (№ 56335-14 в ФИФОЕИ).
4. Преобразователь давления измерительный LMK 358H (№ 56797-14 в ФИФОЕИ).
5. Система информационно-измерительная для автоматизированного учета продуктов в резервуарах МЕТРАН ГСУР-10 (№ 65110-16 в ФИФОЕИ).
6. Пробоотборник в соответствии с требованиями ГОСТ 2517
7. СИ утвержденного типа (внесенные в ФИФОЕИ) и вспомогательные устройства, используемые в испытательной лаборатории:

- для определения плотности нефти по ГОСТ 3900, ГОСТ Р 51069;
- для определения массовой доли воды в нефти по ГОСТ 2477;
- для определения массовой доли механических примесей в нефти по ГОСТ 6370;
- для определения массовой концентрации хлористых солей в нефти по ГОСТ 21534.

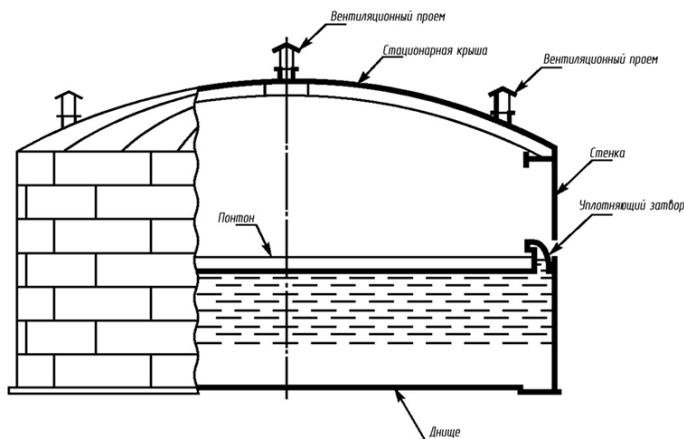


Рис. 1. Резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей с понтоном

Измерение массы брутто нефти в резервуаре вертикальном стальном со стационарной крышей выполняют косвенным методом измерений, основанном на гидростатическом принципе. Схема измерений представлена на рис. 2. При этом методе массу продукта в мерах вместимости определяют по результатам измерений:

- гидростатического давления столба продукта - стационарным измерителем гидростатического давления;
- уровня продукта - переносным или другим средством измерений уровня.

Массу нетто товарной нефти определяют как разность массы брутто товарной нефти и массы балласта. Массу балласта определяют как общую массу воды, солей и механических примесей в товарной нефти. Для этого определяют массовые доли воды, механических примесей и хлористых солей в товарной нефти и рассчитывают их массу.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы брутто товарной нефти и массы нефтепродукта не должны превышать:

0,65% – массы продукта до 120 т.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нетто товарной нефти не должны превышать:

0,75% – до 120 т [2].

При проведении реальных измерений появляется проблема увеличения погрешности из-за погодных условий и уровня нефти в резервуаре. Исходя из сводных таблиц, если температура от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и уровень жидкости ≈ 9000 , тогда погрешность входит в норму, но если же температура повышается или понижается, или уменьшается уровень жидкости (что необходимо именно для ООО «ЛУКОЙЛ-УНП»), погрешность начинает увеличиваться. Для решения данной проблемы необходимо разработать методику измерения, которая бы учитывала все возможные отклонения.

Для того чтобы ее разработать, требуется провести измерения при разных методах, разных средствах измерения и разных условиях. При принятии потребителем проекта методики измерений будет разработана сама методика и все данные будут занесены в единый документ для удобства дальнейшего использования.

После разработки методики будет проведено внедрение, проанализировано, насколько качественно было проведено составление данной методики измерений. После ряда проверок разработка направится в метрологическую инстанцию для документального подтверждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PROFILAB – консалтинг об измерениях [Электронный ресурс]. URL: <http://profilab.by/stati/metodiki-vypolneniya-izmereniy-razra.html> (дата обращения: 11.03.2019).
2. ГОСТ Р 8.595-2004 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений (с Поправкой, с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2006. 18 с.

СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 536.74

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В СВС АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ Al(Cu)-TiC

А.Д. Рыбаков, А.П. Амосов, А.Р. Луц, В.А. Новиков

Научный руководитель – **А.П. Амосов**, д-р физ.-мат. наук,
зав. каф.

Самарский государственный технический университет

Исследуется возможность получения композитов с матрицами Al и Al-5%Cu, армированными частицами карбида титана TiC, синтезированными in-situ методом СВС в расплаве матричного металла с использованием углеродных нанотрубок в качестве источника углерода в составе исходной шихты Ti+C. В композите Al-10%(Ti+C) размер армирующих частиц составил 100-500 нм, в Al-5%Cu-10%(Ti+C) – 236-760 нм.

Ключевые слова: алюмоматричные композиты, карбид титана, СВС

CARBON NANOTUBES APPLICATION FOR SHS OF ALUMINUM-MATRIX COMPOSITES Al(Cu)-TiC

A.D. Rybakov, A.P. Amosov, A.R. Luts, V.A. Novikov

Scientific Supervisor – **A.P. Amosov**, Doctor of Physics
and Mathematics, Head of department

Samara State Technical University

The possibility of obtaining composites with matrices Al and Al-5% Cu reinforced with particles of titanium carbide TiC synthesized in-situ by SHS in the melt of matrix metal with the use of carbon nanotubes as carbon source in the initial charge Ti+C is investigated. The size of reinforcing particles in the composite Al-10%(Ti+C) is from 100 up to 500 nm, and 236-760 nm for Al-5% Cu-10%(Ti+C).

Keywords: aluminum-matrix composite, titanium carbide, SHS.

На сегодняшний день наблюдается растущий интерес к алюмоматричным композиционным материалам (АМКМ), дисперсно упрочненным высокотвердыми тугоплавкими частицами карбида титана TiC [1]. Данный интерес обусловлен уникальными свойствами таких материалов, что делают их перспективными для использования в авиастроении, автомобилестроении и так далее. Тем не менее, производство и применение АМКМ ограничено по причине незавершенности научно-технических основ создания таких материалов с различной структурой и свойствами, в том числе наноструктурных АМКМ.

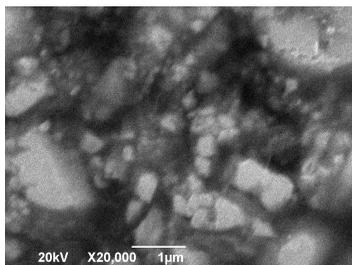
Применение метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) частиц карбида титана из шихты Ti+C в расплаве алюминия позволило значительно продвинуться в вопросе получения различных композитов системы Al-TiC [2]. Однако до сих пор не в полной мере исследовано влияние различных форм углерода, используемых в шихте СВС. В СамГТУ ранее было изучено влияние некоторых форм углерода (углеродного волокна, технической сажи марок Т-900, П-701, графита С2 и активированного угля) [3]. На сегодняшний день активно исследуется возможность применения углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве армирующего элемента для различных композитов, в первую очередь, наноструктурных [4]. Поэтому следующим этапом исследования влияния на процесс СВС композитов Al-TiC новой формы углерода в настоящей работе было выбрано исследование влияния углеродных нанотрубок марки «Таунит».

Опыты проводились на чистой алюминиевой (Al-10%(Ti+C)) матрице и на матрице алюминий-медного сплава (Al-5%Cu-10%(Ti+C)). При приготовлении СВС-шихты использовалась смесь из порошка титана (ТПП-7) и УНТ марки «Таунит» в стехиометрии 4:1 соответственно. Компоненты шихты перемешивались в шаровой мельнице в течение 1 ч., после чего прессовались в брикеты. Матричный металл в тигле нагревался до 950 °С и выдерживался в течение 20 минут. Далее брикеты СВС-шихты погружались под зеркало расплава по одному и выдерживались там до инициирования реакции СВС, которая протекала 5-10 сек. По окончании процесса СВС расплав интенсивно перемешивался и заливался в стальную форму для получения цилиндрических образцов литых композитов.

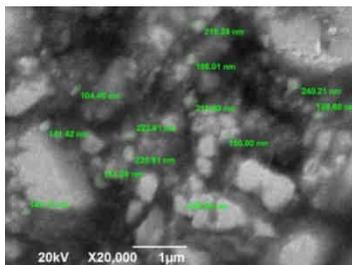
Излом образца системы Al-10%(Ti+C) представлен на рис. 1. Для него характерен матовый вид, своеобразный рельеф, наблюдаются крупные включения. Микроструктура полученного образца показана на рис. 2. Частицы карбида титана распределены по объему расплава в виде обособленных образований, так и виде агломератов. Размер отдельных зерен варьируется в пределах 100-500 нм.



Рис. 1. Излом образца системы Al-10%(Ti+C);



а)



б)

Рис. 2. Микроструктура образца системы Al-10%(Ti+C): а) увеличение x20,000; б) увеличение x20,000 с размером зерен

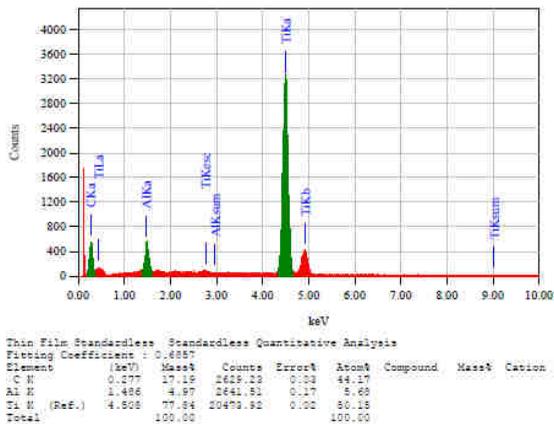


Рис. 3. МРСА Al-10%(Ti+C)

Микрорентгеноспектральный анализ (МРСА) (рис. 3) в выбранной точке регистрируют наличие титана и углерода, из чего можно сделать вывод о формировании армирующей фазы TiC в конечном сплаве.

Аналогичные исследования были проведены для излома Al-5%Cu-10%(Ti+C). На изломе не наблюдалось крупных включений, значительно меньше мелких пор, структура излома равномерна. На микроструктуре армирующая фаза карбида титана представлена в виде крупных глобулярных частиц, распределенных равномерно по объему расплава. Размер зерен исследованной области варьировался в пределах от 236 до 760 нм. Данные МРСА показали наличие в них титана и углерода, что позволяет сделать вывод об усвоении карбида титана конечным расплавом.

Таким образом, углеродные нанотрубки можно использовать в качестве источника углерода для СВС карбида титана по реакции $Ti + C \rightarrow TiC$ в расплаве алюминия при получении алюмоматричных композитов Al-TiC и Al(Cu)-TiC. Сплав системы Al-TiC обладает более мелкоразмерной армирующей фазой (размер TiC=100-500 нм), однако из-за неполноты протекания реакции в самом сплаве наблюдается большое количество включений непрореагировавшей шихты. Размер частиц TiC в Al(Cu)-TiC значительно больше (236-760 нм), из-за большей полноты протекания реакции практически отсутствуют включения. Для улучшения качества исследуемых алюмоматричных композитов необходимо продолжить исследования по увеличению полноты прохождения реакции СВС карбида титана, уменьшению размера частиц TiC, увеличению равномерности их распределения в матрице, уменьшения пористости композита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михеев П.С.* Дискретно армированные композиционные материалы системы Al-TiC (обзор) [Текст] / П.С. Михеев, Т.А. Чернышова // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 11. С. 44-53.
2. Применение процессов СВС для получения *n-situ* алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наноразмерными частицами карбида титана обзор [Текст] / А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин, А.А. Ермошкин // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2016. № 1. С. 39-49.
3. *Луц А.Р.* Влияние различных форм углерод на структуру композиционного сплава системы Al-Cu-Mn-TiC [Текст] / А.Р. Луц, А.Д. Рыбаков // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 6 (14). С. 72-76;
4. Khalid Saeed. Carbon nanotubes—properties and applications: a review [Text] / Khalid Saeed, Ibrahim Khan. // Carbon Letters, 2013. Vol. 14. №. 3. P. 131-144.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРА
НА СВОЙСТВА УПРОЧНЯЕМОГО СЛОЯ
СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ
ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ**

М.П. Петрова, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается влияние мощности лазера на получаемую структуру и свойств зоны лазерного влияния стали при лазерной закалке.

Ключевые слова: лазерные технологии, мартенсит, структура стали, зона лазерного воздействия.

**THE EFFECT OF LASER POWER ON THE HARDFACED
LAYER MEDIUM CARBON ALLOY TREATED STEELS DUR-
ING LASER HARDENING PROPERTIES RESEARCH**

M.P. Petrova, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the laser power effect on the structure and properties of the zone of laser effect on steel during laser hardening.

Keywords: laser technology, the martensite, structure of the steel, the zone of laser action.

Лазерная закалка находит применение в промышленности для поверхностного упрочнения и повышения износостойкости прокатных валков и штампов. Для закалки применяются CO₂ лазеры, Nd: YAG лазеры, волоконные и диодные лазеры. Прочность после такой обработки соответствует верхнему пределу мартенситного превращения. Данный метод значительно повышает твердость поверхностного слоя с сохранением вязкой сердцевины. Основные преимущества: возможность локальной

обработки с очень высокой точностью, автоматизация процесса, высокая скорость обработки, отсутствие необходимости в последующей обработке и т.д. [1,2]

Сущность процесса лазерной закалки заключается в следующем. Высококонцентрированный пучок излучения лазера нагревает локальный участок детали (5 мм), следовательно, поверхность нагревается с высокими скоростями, т.к. температура поверхности детали значительно больше, чем температура детали, то кристаллизация на поверхности происходит с огромными скоростями, значительно выше критической скорости охлаждения. В результате на поверхности получается закалочная структура (мартенсит), и, соответственно, высокая твердость поверхности.

Зона термического влияния – слой материала, который при каких-либо технологических операциях косвенно подвергается их влиянию, а следовательно, нагревается и изменяет структуру. В результате того, что при лазерной закалке различные слои нагреваются не одинаково, возникает слоистое строение зоны лазерного воздействия.

Первый слой – зона оплавления (ЗО) образуется из расплавленного состояния, основной структурной составляющей является мартенсит. Второй слой – зона закалки из твердой фазы – образуется из твердого состояния. В этом слое ближе к поверхности имеются мартенсит и остаточный аустенит, а ближе к исходному металлу – мартенсит с элементами исходной структуры: ферритом в доэвтектоидной и цементитом в заэвтектоидной стали. Третий слой – переходная зона – образуется при нагреве металла ниже точки A_{C1} , при лазерной обработке предварительно закалённой или отпущенной стали в этом слое образуются структуры отпуска – троостит или сорбит. Второй и третий слои образуют зону термического влияния (ЗТВ) [3].

Большая пересыщенность твердых растворов после лазерной закалки, особенно в зоне оплавления, может приводить к выделению в процессе последующего нагрева большого количества сегрегации и промежуточных фаз, что приводит к увеличению твердости. При эксплуатации деталей в условиях переменных нагрузок решающее значение приобретает сопротивление усталости. На сопротивление усталости деталей с термоупрочненными поверхностями оказывают влияние микрогеометрия поверхности и наличие дефектов, знак и значение остаточных напряжений, величина зерна, форма структурных составляющих и другие особенности микроструктуры. Указанные факторы могут иметь различное количественное выражение и разнообразное сочетание при лазерном термоупрочнении сплавов. В связи с этим трудно установить общие закономерности для оценки сопротивления усталости в зависимости от параметров режима лазерной закалки, исходных свойств и структуры

сплава, подготовки поверхности и т.д. [4]. С учетом вышеизложенного интерес представляют исследования для получения конкретных свойств поверхностного слоя с учетом выбора оптимального режима закалки, чтобы зона термического влияния была определенного размера.

Лазерную закалку осуществляли роботом KR 60 HA. Исследование проводилось на образце стали 40X с целью выяснения влияния изменения мощности лазера на твердость и глубину зоны лазерного воздействия. Результаты исследования представлены в таблице.

Результаты исследования

№ п/п	P, Вт	Твердость, HRC	Глубина, мм
1	1000	48-32	0,9
2	1100	43-41	0,7
3	1200	48-42	1,0
4	1300	46-42	1,1
5	1400	45-42	1,0
6	1500	45-42	1,2
7	900	65-41	0,5
8	800	<400HV	0,3
9	700	<400HV	0,4
10	600	<400HV	0,4

Измерения твердости (рисунок) проводили на микротвердомере DuraScan-20, исследования структуры – с помощью микроскопа Olympus BX53M.

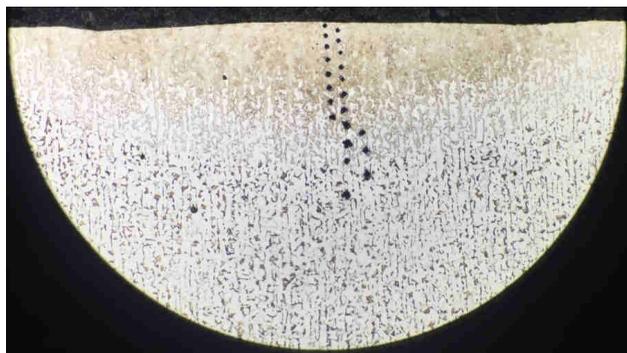


Схема проведения измерения твердости

Структура стали в верхних зонах после лазерной закалки представляет собой мартенсит и также некоторое количество остаточного аустенита. Согласно работе автора [3], снижение количества в исходной структуре избыточного феррита способствует формированию микроструктуры с высокой микротвердостью. Однако на твердость зоны термического влияния также оказывают воздействие параметры закалки.

В проводимом эксперименте скорость лазерной закалки была постоянной – 20 мм/с², а мощность изменялась. Как видно из таблицы, пропорционально изменению мощности лазерного излучения изменялась глубина зоны лазерного воздействия. Из чего следует, что для получения слоя с более высокими механическими характеристиками следует применять большую мощность закалки, т.к. с увеличением мощности увеличивается температуры, до которых нагреваются различные зоны лазерного воздействия, что ведет к увеличению зоны лазерного воздействия и превращению феррита в аустенит в верхних зонах, а также появлению трооститной или ферритной сеток в нижних зонах.

Выводы

1. Микротвердость зоны лазерного влияния стали при лазерной закалке зависит от мощности лазера и исходной структуры закаляемой стали.

2. С увеличением мощности лазера при закалке увеличивается глубина зоны термического влияния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смирнов М.А.* Основы термической обработки стали / М.А. Смирнов, В.М. Счастливцев, Л.Г. Журавлев. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 494 с.
2. Лазерные технологии повышения стойкости прокатных валков / Г.Н. Гаврилов, С.В. Костромин, А.Б. Калинин, В.Н. Пейганович, Д.Ю. Ермаков // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. № 4.
3. *Григорьянц А. Г., Шиганов И.Н., Мисюров А. И.* Технологические процессы лазерной обработки: Учебн. пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 664 с.
4. Лазерный портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.laser-portal.ru>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения – 14.03.2019)

АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ИЗ СТАЛИ МАРКИ ШХ15

К.А. Смирнова, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается анализ причин разрушения колец подшипников качения из стали марки ШХ15 методами визуального осмотра и микроструктурного анализа

Ключевые слова: кольцо подшипника качения, сталь, виды повреждений, визуальный осмотр, микроструктурный анализ.

ROLLING BEARINGS RINGS IN STEEL GRADE SHKH15 FAILURE ANALYSIS

K.A. Smirnova, T.D. Stoyanova

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the causes of destruction of rolling bearing rings made of steel grade SHKH15 by visual inspection and microstructural analysis is considered..

Keywords: rolling bearing ring, steel, types of damage, visual inspection, microstructural analysis.

На исследование поступило внутренне кольцо подшипника качения железнодорожного подвижного состава в связи с разрушением.

Подшипник является опорой или направляющей, которая определяет положение движущихся частей по отношению к другим частям механизма [1].

При изготовлении подшипников качения применяют шарикоподшипниковую сталь, соответствующую требованиям ГОСТ 801-78 «Сталь подшипниковая. Технические условия».

Сталь ШХ15 подвергают закалке для получения структуры Вельма и мелкоигольчатый мартенсит с мелкодисперсными, равномерно распределенными карбидами округлой формы и твердости 62–65 HRC [3].

Долговечность подшипников определяется факторами, которые можно разделить на три группы.

Конструктивные фактор: надлежащий выбор материалов, смазок и конструкции подшипников; установление необходимых соотношений размеров их деталей и назначение рациональных внутренних зазоров; разработка принципиально новых типов опор качения.

Технологические факторы: выбор режимов механической и термической обработки для используемых материалов и рациональных методов получения их заготовок; обеспечение надлежащего операционного и окончательного контроля; автоматизация процессов изготовления и контроля.

Факторы, связанные с применением подшипников: правильный выбор подшипников в соответствии с характером нагрузки, скоростью вращения и рабочей температурой; обеспечение необходимых посадок и соосности посадочных мест; надлежащая смазка и уплотнение подшипников; грамотная техника монтажа и эксплуатации подшипников [4].

Однако случается, что фактическая долговечность подшипника оказывается ниже расчётной. Одной из причин выхода из строя является образование дефектов на поверхностях колец, а как следствие их разрушение [5].

Внутреннее кольцо – деталь подшипника качения с цилиндрическим или коническим отверстием, имеющая на наружной поверхности дорожку качения. Наружное кольцо – деталь подшипника, имеющая на внутренней поверхности дорожку качения [1].

Виды повреждений колец подшипников можно классифицировать следующим образом:

Первичные повреждения:

- Износ;
- Вмятины;
- Задиры;
- Поверхностные разрушения;
- Коррозия;
- Последствия прохождения электрического тока;

Вторичные повреждения:

- Усталостные раковины;
- Трещины [5].

При выявлении причин разрушения кольца подшипника качения из стали марки ШХ15, производились исследования в 3 этапа:

1. Визуальный осмотр рабочей поверхности кольца и излома по месту разрушения;

2. Замер твердости на поверхности кольца подшипника;

3. Микроструктурный анализ по месту разрушения.

Этап 1. При визуальном осмотре было обнаружено:

- трещина в продольном направлении;
- точечные вмятины на рабочей поверхности кольца, возникшие под действием инородных частиц (рис. 1).

После разделения кольца по трещине проводился визуальный осмотр излома. Излом усталостный, с точечным очагом на рабочей поверхности кольца. Окисления на поверхности излома не обнаружено (рис. 2.)

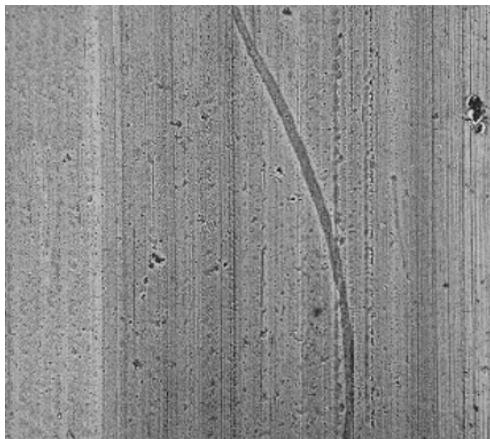


Рис. 1. Точечные вмятины на дорожках качения. Увеличение в 50 раз



Рис. 2. Усталостное разрушение в изломе кольца подшипника

Этап 2. Твердость на поверхности кольца 63-64 HRC.

Этап 3. Структура кольца подшипника – Весьма мелкоигльчатый мартенсит с мелкодисперсными, равномерно распределенными карбидами (рис. 3).



Балл 2

Рис. 3. Структура – весьма мелкоигльчатый мартенсит с мелкодисперсными, равномерно распределенными карбидами

Длина игл мартенсита - 2 балл по ГОСТ 8233-56 «Сталь. Эталоны микроструктуры». Наличие троостита не наблюдается. Карбиды – мелкодисперсные с равномерным распределением. Неметаллические включения: оксиды – 2 балла, сульфиды – 2 балла по шкале ГОСТ 1778-70 «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений». Требования к неметаллическим включениям по ГОСТ 801-78: оксиды не более 2 баллов, сульфиды не более 2 баллов.

Вывод:

Микроструктура исследуемого кольца подшипника по длине игл мартенсита, состоянию карбидов и неметаллическим включениям соответствует требованиям ГОСТ 801-78. Уровень твердости также соответствует требованиям того – же стандарта.

Причиной разрушения кольца подшипника качения является наличие точечных вмятин от посторонних включений.

Инородные частицы, проникающие в подшипник, порождают вмятины, когда тело качения закатывает их в дорожку качения. Вмятины в большинстве случаев маленькие и распределены по всей дорожке качения. В свою очередь точечные вмятины являются очагами усталостного

разрушения, которые мы можем наблюдать при визуальном осмотре излома.

Для устранения данного дефекта необходимо соблюдать чистоту в процессе сборки, и использовать чистые смазочные материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24955-81 (СТ СЭВ 1473-78) Подшипники качения. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1988.
2. ГОСТ 801-78 Сталь подшипниковая. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
3. *Самохоцкий А.И.* Технология термической обработки металлов. М.: Машгиз, 1962. 428 с.
4. *Спришевский А.И.* Подшипники качения. М.: Издательство «Машиностроение», 1968.
5. *Авторское право SKF.* Повреждения подшипников качения и их причины. СПб.: SKF, 2002. 47 с.
6. ГОСТ 8233-56 Сталь. Эталоны микроструктуры. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
7. ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. М.: Стандартинформ, 2011.

АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛИ МАРКИ 15ХСНД

А.А. Вяткина, Н.В. Косарева

Научный руководитель – **Н.В. Косарева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается анализ оптимального режима газозлектрической дуговой сварки стали марки 15ХСНД ,проволокой Sv08Г2С и газом составом 82%Ar +18% CO₂

Ключевые слова: сварка, дуговая сварка, сталь.

THE OPTIMAL MODE OF GAS-ARC WELDING IN STEEL GRADE 15KHSND ANALYSIS

A.A. Vyatkina, N.V. Kosareva

Scientific Supervisor – **N.V. Kosareva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The optimal mode of gas-electric arc welding of in steel grade 15hsnd, wire Sv08G2S and gas composition 82% Ar +18% CO₂ analysis is considered.

Keywords: welding, arc welding, steel.

Сварка – это соединение частей изделия путем приложения электрических, газовых, механических и других источников энергии в зоне соединения. Кромки свариваемых деталей и присадочный материал расплавляются сварочной дугой или газовым пламенем, образуя сварочную ванну. Металлическая связь обеспечивается образованием общих зерен твердеющего сварного шва с основным металлом.

Дуговая сварка – сварка плавлением, при котором нагрев осуществляется электрической дугой. Источником нагрева при сварке является электрическая дуга. Сварочной или электрической дугой или дуговым разрядом называется явление с образованием энергии, теплоты, звука и других эффектов в промежутке между электродом и изделием. При дуго-

вой сварке в защитном газе дуга и расплавляемый металл, находясь в защитном газе, подаваемом в зону сварки с помощью специальных устройств.

При горении дуги и плавлении свариваемого металла и электродного требуется защита сварочной ванны от действия газов воздуха (кислорода, азота, водорода), чтобы они не проникали в жидкий металл и не ухудшали качество металла шва. Поэтому при сварке защищают зону дуги, нагреваемый электрод, саму дугу и сварочную ванну. По способу защиты металла от воздуха дуговую сварку разделяют на следующие виды: покрытыми электродами, под флюсом, порошковой проволокой, в защитном газе и др.

Сварку в защитном газе проводят с подачей в зону дуги защитного газа. Сварка выполняется как плавящимся, так и неплавящимся электродом и может быть ручной, механизированной и автоматической. В качестве защитных газов применяют углекислый газ, аргон, гелий, иногда азот и смеси газов. Система, состоящая из дуги, металла сварочной ванны, плавящегося электрода и кристаллизующегося шва защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. По мере перемещения дуги сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов.

Смеси газов обладают лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы. Для уменьшения разбрызгивания металла и улучшения условий формирования шва при сварке применяют смесь, состоящую из 95...98 % CO_2 и 5...2 % O_2 . Такая смесь способствует мелкокапельному переносу металла и снижению потерь последнего на разбрызгивание на 30...40 %. При сварке сталей по узкому зазору опыт работы показал, что целесообразно применение особых смесей (75 % Ar + 25 % CO_2). В результате использования смесей увеличивается производительность, улучшается качество шва. Аргон и гелий не образуют химических соединений с металлами. Точно так же азот не взаимодействует с некоторыми металлами (медью, кобальтом и др.).

Были проведены опыты с разным объемом защитного газа. Сварка производилась на заводском оборудовании с использованием стали марки 15ХСНД. Также использовалась проволока Св08Г2С и газ составом 82% Ar + 18% CO_2 . Образцы – металлические пластинки, толщиной 10 мм. Тип соединения при сварке: тавровое, стыковое, нахлесточное.

На первом этапе объем защитного газа составил 4-5 л. При этом получается структура шва очень пористой во всех соединениях. В количественном выражении – пористость в швах составила 45% от образцов, исследованных на первом этапе. Дальнейшие эксперименты показали, что такой дефект можно устранить используя ряд операций:

1. Удалить дефектный участок методом воздушно-дуговой строжки, образуя разделку кромок с раскрытием 60-70°.

2. Зачистить место выдувки абразивным инструментом на глубину не менее 1 мм

3. Заварить место исправления заново.

Во втором опыте объем защитного газа составил 20-25 л. Это привело к образованию неравномерной ширины шва. Шов выглядит не красивым и не аккуратным. Также шов изнутри является пористым и хрупким. Такой шов недопустим на производстве. В нахлесточном соединении появились непровары, качество такого шва очень низкое. Для устранения такого дефекта, как непровар, следует полностью удалить место дефекта механической зачисткой с образованием разделки и заварить место исправления заново.

На третьем этапе эксперимент проводился при среднем объеме защитного газа 15-17 л. В этом случае практически все швы получились качественными. Единичные недостатки сварного шва не были связаны с объемом защитного газа.

Вследствие эксперимента было выявлено, что оптимальный объем защитного газа для сварки образцов из стали марки 15ХСНД составляет 16 л. При таком количестве газа шов получается идеальным, сварное соединение качественное. Оценка состояния сварных соединений, как новых, так и в течение срока службы, основана сегодня на радиационном, рентгеновском, ультразвуковом и магнитопорошковом, неразрушающих дефектоскопических методах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах. Изд-во «Союзло», 2008. 72 с.
2. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: учеб. для. сред. ПТУ. 2-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1986. 208 с.
3. Потатьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.

ЗНАЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

М.Н. Федорова, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается автоматизация производства.

Ключевые слова: *Индустрия 4.0, промышленная революция, термическая обработка.*

THE IMPORTANCE OF HEAT TREATMENT AUTOMATION IN PRODUCTION

M.N. Fedorova, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Automation of production is considered.

Keywords: *Industry 4.0, industrial revolution, heat treatment.*

Промышленная революция – это революционные изменения в орудиях и в организации производства, носящие быстрый и взрывообразный характер. Основные изменения, происходящие во время первых трех промышленных революций, представлены в таблице 1.

В настоящее время происходит 4-ая промышленная революция, в результате которой формируется так называемая «Индустрия 4.0», в которой однако не используется новый вид энергии, что происходило при наступлении первых трех промышленных революций.

Впервые концепцию «Индустрия 4.0» [1] представили немецкие компании на Ганноверской выставке в программе, в которой говорилось о важности киберфизических систем. Со временем этот термин стали связывать с четвертой промышленной революцией, которая представля-

ет собой цифровой переворот не только в индустриальном мире, но и повседневной жизни общества потребления.

Таблица 1. Основные изменения, происходящие во время первых трех промышленных революций

Промышленные революции		
Первая	Вторая	Третья
XVIII – XIX вв.	конец XIX – начало XX вв.	середина XX вв.
-использование энергии пара, -переход от ручного труда к крупному машинному производству	-использование электроэнергии, -появление новых отраслей хозяйства: машиностроения, самолетостроения и т.д.	-использование атомной энергии, -развитие электроники, космической техники

Поскольку машины могут выполнять повторяющиеся, рутинные задачи в производстве с гораздо большей эффективностью, чем люди, эти задачи будут по большей части автоматизированы. Но вместо того, чтобы не отнимать работу у людей, они могут заниматься более творческими задачами. Однако с ростом Индустрии 4.0 производственные процессы можно терроризировать удаленно, манипулируя протоколом производства или просто парализуя этот процесс. Основное опасение по поводу работы в Индустрии 4.0 заключается в том, что значительное расширение возможных операций не обязательно потребует создания новых рабочих мест для людей, что вполне может оказаться проблемой, так как общая численность населения продолжает расти.

Современные компании определяют следующие направления, по которым должна реализовываться Индустрии 4.0: данные, аналитика, взаимодействие, сотрудничество, разработка приложений, масштабируемость, системы менеджмента, соответствие требованиям, культура, лидерство, компетенции [2].

Решения на производстве должны приниматься на основе данных: объем, разнообразие, скорость, достоверность и прозрачность. Аналитика извлекает информацию для переработки данных и делится на 4 категории: описательная, диагностическая, предсказательная и предписывающая. Должно происходить взаимодействие между информационными технологиями для бизнеса и операционными технологиями. Традиционно взаимодействие осуществляется через электронные сообщения, системы автоматизации рабочих процессов и порталы. Далее должна осуществляться разработка приложений: механизмов, через который обеспечивается выполнение процессов, сбор и создание данных, визуализация аналитики и организация взаимодействия. Масштабируемость – это способность поддерживать работу с объемом данных, пользователями, устрой-

ствами и аналитикой на глобальном уровне. Системы менеджмента – обеспечивают масштабируемое решение для автоматизации рабочих процессов, для связи процессов между собой, улучшения данных, централизованной аналитики, соответствие требованиям, организацию взаимодействия в одной системе. Продукция должна соответствовать требованиям нормативов, промышленности, требованиям заказчика и внутренним требованиям. Должна обеспечиваться культура производства, которая включает 4 элемента: участие в процессах, ответственность, доверие и расширение полномочий. Руководители должны увязывать свои задачи с общими задачами предприятия и продвигать это на уровень руководства. Показатели эффективности играют при этом важную роль. Компетенции позволяют выполнить работу более эффективно. Здесь имеют место 2 задачи: повышение квалификации персонала и возможность обмена опытом между сотрудниками.

Российская Федерация обладает хорошим потенциалом для перехода к четвертой промышленной революции. Данные Всемирного экономического форума показывают, что у России хорошие инновационные разработки и высокое качество образования. Однако низкий уровень обеспеченности цифровыми устройствами и ограниченные траты предприятий на инновации могут создавать некоторые сложности для России.

Принято считать, что [1] первый успех нашей страны в области цифровой революции связан с инициативой двух крупных отечественных компаний: РосТелекома и РосКосмоса. Эти предприятия организовали Ассоциацию по содействию развитию Промышленного интернета. В начале 2017 года правительство России утвердило Национальную технологическую инициативу – программу «Технет». Была принята так называемая «дорожная карта» - проект по расширению роли РФ на глобальном рынке услуг.

«Дорожная карта» предполагает совершенствование как минимум 8 промышленных отраслей. При этом должны внедряться инновационные материалы и технологии, развиваться индустриальный интернет и расти робототехника, автоматизироваться производственные процессы, например, термическая обработка.

Термическая обработка позволяет улучшать отдельные свойства сплавов, а также избавляет от необходимости его легирования. Чаще всего ее проводят с целью продления эксплуатационного срока металла. Кроме того, термическая обработка помогает подготовить сплав к использованию в несущих элементах строений. Основное оборудование, которое применяется для выполнения операций термической обработки включает печи, нагревательные установки, охлаждающие устройства (закалочные баки, закалочные машины, оборудование для обработки холодом и т.п.) [3].

В условиях массового производства технологический процесс выступает как совокупность тесно связанных между собой термических и других операций. Обычно здесь используют метод автоматического получения заданных свойств. Автоматизация технологических процессов термической обработки достигается при помощи контрольно – измерительных приборов и исполнительных механизмов. При термической обработке сравнительно просто поддаются автоматизации процессы обработки деталей средних и небольших размеров, форма которых позволяет перекачивать и проталкивать их без помощи приспособлений, а также (загружать и выгружать путем сбрасывания под действием собственного веса).

Таким образом, развитие автоматизации термической обработки является одним из шагов для развития «Индустрии 4,0».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пневмоавтоматика. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pnevmosalon.ru/news/razvitie-industrii-4-0-v-rossii/>, свободный (дата обращения – 15.02.2019).
2. PLM Урал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.plm-ural.ru/materials/chto-takoe-kachestvo-40>, свободный (дата обращения – 19.02.2019).
3. StudFiles. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5301191/page:20/>, свободный (дата обращения – 19.02.2019).

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДЕКСА QRM ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАГИРОВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ

А.П. Кашляева, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается концепция и индекс QRM, сферы их применения и использование для сокращения времени реагирования на изменения в производстве.

***Ключевые слова:** индекс QRM, сокращение времени, реагирование, изменение, производство.*

THE USE OF QRM INDEX TO REDUCE RESPONSE TIME IN MODIFICATION OF MANUFACTURING

A.P. Kashlyayeva, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The QRM index and concept as well as their scope and using for time response reducing for modification of manufacturing are considered.

***Keywords:** QRM index, time reducing, response, modification, manufacturing.*

На сегодняшний день в производстве основной задачей является формирование целостного механизма управления рисками организаций с учетом происходящих изменений во внешней среде. Эффективность развития предприятия зависит от стратегий, направленных на активное применение внутренних ресурсов, способствующих изменению и приспособлению к внешним факторам, формирующих долгосрочный потенциал для предприятия.

Концепцию быстро реагирующего производства (QRM) предложил Раджан Сури в 1998 году. QRM – это стратегия в масштабе всей компании,

ориентированная на постоянное сокращение времени выполнения заказа, за счет сокращения времени операций предприятия как внутренних, так и внешних[1]. При этом необходимо реагировать на запросы потребителей так, чтобы быстро выпускать и разрабатывать продукцию, учитывающую эти запросы. Особое внимание уделяется постоянному сокращению времени, требующегося для выполнения всех видов деятельности, обеспечивая при этом высокое качество, снижение затрат и более быстрое реагирование на изменение ситуации. Для сокращения времени реагирования вводится показатель КПП (критический производственный путь) – длительный временной отрезок, это время от начала производства детали до окончания производства всего заказа (время производственного цикла изделия). КПП также включает в себя время, проводимое готовым изделием на складе, время, которое сырье проводит на складе сырья и материалов, а также время поставки от поставщика. Для анализа производственного процесса поконцепции QRM используют индекс QRM, рассчитываемый в процентах по формуле (1):

$$QRM = \frac{\text{КПП базового периода}}{\text{КПП текущего периода}} * 100 \quad (1)$$

Основными составляющими концепции QRM являются:

- бизнес, построенный при работе «для склада» (когда, чтобы быстрее выполнить заказы, основная номенклатура продуктов производится заранее и кладется на склад), из-за ошибок планирования и изменчивости спроса приводит увеличению КПП, и в итоге к тому что компания не может быстро реагировать на потребности клиентов. Поэтому лучше инвестировать в станки и стандартно быструю реализацию заказов, чем в склады;
- переход от функциональных цехов к QRM-ячейкам. Ячейка – это набор независимых (отделенных от остальной компании), сочетаемых друг с другом многофункциональных ресурсов (людей и станков). QRM-ячейка направлена на выполнение всех видов работ вокруг определенного рыночного сегмента (например, конкретный тип продукции);
- для предупреждения «пробок», уменьшения КПП для наиболее часто используемого оборудования необходимо иметь в запасе мощность до 20%, что делает предприятие более готовым к изменчивости спроса;
- поиск непроизводительного времени с уровня цеха и до управления предприятием, служб маркетинга и логистики, так как больше всего времени расходуется напрасно в офисах, а не на производстве;
- ориентация работников всех подразделений на единую цель – снижение временных затрат. При этом учитывается не только время на те или иные процедуры, но и общее время от заказа до его отгрузки клиенту. Единая

цель, к которой стремятся рабочие, а отсюда и единые параметры оценки работы для ее достижения, сплачивают команду работников.

Схема использования концепции QRM представлена на рис. 1.

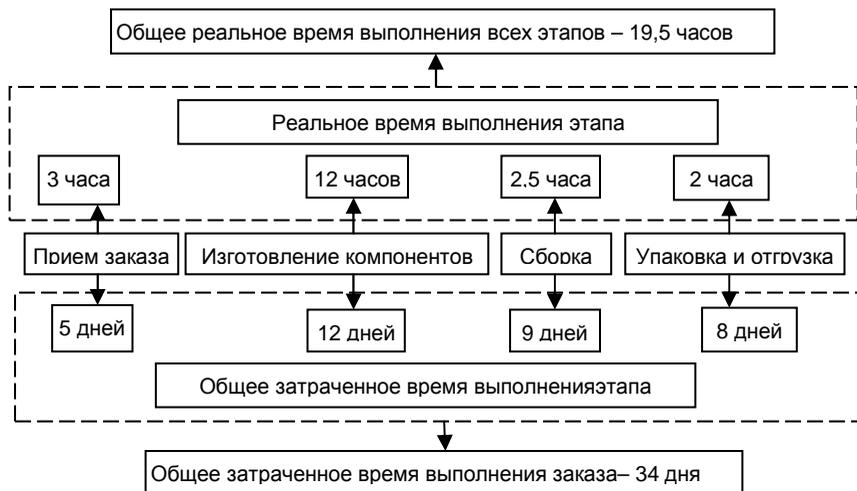


Рис. 1. Пример использования методологии QRM

Обычный заказ 5 дней лежит в отделе приема заказов, прежде чем его отправят на производство, потом 12 дней уходит на изготовление компонентов, 9 дней на сборку и 8 дней на то, чтобы уже выполненный заказ упаковали и отправили заказчику. В итоге на выполнение заказа уходит 34 дня. Если сложить реальное время выполнения каждого этапа, то получится 19,5 часов, т.е. меньше 3 дней при восьми часовом рабочем дне. Остальное время – это когда данной работой никто не занимается. По словам Сури, данное соотношение не является случайным, во многих производственных проектах реальное время работы составляет менее 5% от времени выполнения заказа. Время непосредственной машинной обработки много меньше времени производственного цикла, потому что детали проводят много времени в очередях. Этот факт дает возможность значительно сократить время производственного цикла не за счет сокращения времени машинной обработки, а за счет сокращения времени простоев, ожиданий, времени переналадок, времени обработки заказов.

Несмотря на простоту, данный метод отличается от обычных методов. Обычно менеджмент предприятий старается сосредоточиться на сокращении расходов на единицу продукции, для чего делает упор на повышении эффективности использования времени рабочих и оборудо-

вания. QRM видит в этом основную ошибку «обычных» методов управления. В методе QRM используются инструменты, применяемые в бережливом производстве, позволяющие значительно сократить время производственного цикла. Это такие инструменты, как создание производственных ячеек, работа в межфункциональных командах, быстрая переналадка. Ячейка QRM создается именно для сокращения времени производственного цикла за счет выделения ей обособленного оборудования, введения соответствующих показателей для всей ячейки, освоения операторами смежных профессий и взаимопомощи и даже наделением права принимать самостоятельные решения [2].

Все технически развитые промышленные предприятия, для поддержания своей конкурентно способности на рынке должны непрерывно обновлять свои производственно-экономические системы и внедрять такие подходы как QRM. Концепция этого индекса формирует долгосрочный потенциал предприятия и поможет достичь стратегического успеха, в том числе в финансовых показателях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Герресе Х.* Карманный справочник по QRM. LeanTeam. 1-е изд. 2013. 104 с.
2. *Галиева Г.И.* Подход к созданию быстро реагирующего производства (QRM) на основе риск-менеджмента / Шумпетеровские чтения. 2016. Том 1. С. 21-32.

ЛИТЬЕ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Д.М. Логинов, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность применения аддитивных технологий для изготовления литейных деталей сложной формы, а также FDM метод печати как один из наиболее технологически простых способов 3D-печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии, FDM метод печати.

COMPLEX PARTS WITH THE ADDITIVE TECHNOLOGIES IN CASTING INDUSTRY

D.M. Loginov, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of using additive technologies for the manufacture of casting parts of complex shape is considered as well as FDM printing method as one of the most technologically simplified 3D printing methods.

Keywords: additive technologies, FDM printing method.

Применение новых технологий – главный тренд последних лет в любой сфере промышленного производства. Каждое предприятие в России и мире стремиться создавать более дешевую, надежную и качественную продукцию, используя самые совершенные методы и материалы. Это особенно важно в высокотехнологичных отраслях машиностроения, где характерным является мелкосерийное, иногда единичное производство, высокая сложность, точность и стоимость литья. Именно здесь перестройка традиционных литейных технологий, применение современных методов получения литейных форм и моделей дает возможность сокра-

тить время и затраты на обработку технологий, литейной оснастки и, как следствие, повысить эффективность создания новой продукции в машиностроении. При современном развитии технологий в литейном производстве стал реальным переход на аддитивные технологии.

Использование **аддитивных технологий** – один из примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство. Аддитивные технологии или Additive Manufacturing (AF или AM) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или CAD-модели) методом послойного добавления материала. У этих технологий существуют разные названия, например, Fast Free Form Fabrication или Solid Freeform Fabrication, но в России больше всего прижился термин Rapid Prototyping (PR) – быстро епрототипирование или просто прототипирование. Отечественные IT-специалисты и специалисты в области CAM иногда пользуются словосочетанием – CARP – Computer Aided Rapid Prototyping [2].

Общую схему аддитивного производства можно изобразить в виде следующей последовательности (рис. 1):



Рис. 1. Схема аддитивного производства

Идеология аддитивных технологий базируется на цифровых технологиях, в основе которых лежит цифровое описание изделия, его компьютерная модель или CAD-модель. Rapid Prototyping в современном понимании является частью Additive Manufacturing-технологий, «отвечающей» за собственно прототипирование методами послойного синтеза. AF- или AM- технологии охватывают все области синтеза изделий, будь то прототип, опытный образец или серийное изделие. Суть AF-технологий, как и RP-технологий, состоит в послойном построении, послойном синтезе изделий – моделей, форм, мастер-моделей [1].

При использовании AF-технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD\CAM\CAE-системе [1]. Это означает реальный переход к «бесбумажным» технологиям, когда

для изготовления детали традиционной бумажной чертежной документации в принципе не требуется. Современное литейное, и в первую очередь, опытное производство претерпевает существенную модернизацию, которая имеет целью создать условия для полноценной реализации принципа «безбумажных» технологий в течение всего процесса создания нового изделия – от проектирования и разработки САД-модели, до конечного продукта.

Для изготовления деталей на основе 3D-моделей интенсивно развивается использование 3D-принтеров, работающих на различных принципах. Традиционные методы, например, литье или штамповка, не позволяют изготавливать очень сложные с точки зрения геометрии изделия. Если нужно получить детали для систем охлаждения с сетчатой конструкцией, то традиционными способами этого не добиться. Аддитивные технологии позволяют выпускать изделия со сложной геометрией, а промышленные 3D-принтеры позволяют выращивать модели практически любой степени сложности.

Сложные объекты создаются из расплавленного пластика, выдавленного через сопло 3D-принтера. Намотанная на катушку пластиковая нить (или даже металлический провод), разматываясь, подаётся в экструзионное сопло, при этом управляемый компьютером механизм перемещает само сопло или объект (или оба) вдоль трёх осей. После выдавливания (экструзии) материал моментально затвердевает. Для всех этих перемещений, также как и для подачи нити в экструдер, обычно используются шаговые двигатели или сервомоторы.

Самым высоким спросом среди всех видов аддитивного производства пользуется технология Fused Deposition Modeling (FDM) – послойное выращивание, также известная как моделирование методом наплавления. В FDM технологии используются промышленные термопластики, которые выдерживают высокие температуры и механические нагрузки [2]. Однако чаще всего при данном методе 3D-печати применяется ABS-пластик как наиболее надёжный и универсальный материал. Его температура плавления, с одной стороны, достаточно высока, чтобы избежать деформации под воздействием небольших температур в применяемых областях, но, с другой стороны, температура вполне достижима внутри печатающей головки.

Таким образом, литейное производство имеет много общего с применением АF-технологий и на современном этапе развития общества становятся еще более близким и по применяемому оборудованию, и по технологическим приемам, по обучению и подготовке профессиональных кадров. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения затрат в литейном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зленко М.А.* Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм / М.А. Зленко, П.В. Забеднов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ksystec.ru/download/additiv_tech.pdf, свободный.
2. *Зленко М.А.* Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. М., 2015. 220 с.

ВЫБОР ДИСПЕРСИОННОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА

М.Д. Мордасов, А.В. Никитин, В.С. Верченнов, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,
профессор

Тамбовский государственный технический университет

В работе проведены исследования по выбору дисперсионной жидкости для изучения микроструктуры аморфного диоксида кремния. Доказано, что лучшими диспергирующими свойствами обладает изопропиловый спирт.

***Ключевые слова:** трепел, дисперсионная жидкость, минеральные добавки, изопропиловый спирт, этиловый спирт, диспергирование.*

SELECTION OF DISPERSION LIQUID FOR STUDYING MICROSTRUCTURE OF AMORPHOUS SILICA

M.D. Mordasov, A.V. Nikitin, V.S. Verchenov, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor – **D.M. Mordasov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Tambov State Technical University

Studies by the choice of a dispersion liquid for studying the microstructure of amorphous silicon dioxide have been conducted in this work. It is proved that isopropyl alcohol has the best dispersing properties.

***Keywords:** thistle, dispersion liquid, mineral additives, isopropyl alcohol, ethyl alcohol, dispersion.*

Для управления структурой и свойствами композиционных и полимерцементных составов активно используются минеральные порошковые добавки. Исходя из этого, вопрос изучения микроструктуры и строения минеральных порошков актуален при разработке полимерминеральных смесей. Знания о морфологических свойствах структуры минерала позволяют дать объективное представление о рациональности его использования [1].

Целью исследования является изучение структуры аморфного диоксида кремния – трепела. Трепел — рыхлая или слабо сцементированная, тонкопористая опаловая осадочная порода, являющаяся активной гидравлической добавкой, используемой при производстве портландцемента и пуццоланового портландцемента. В сухом и молотом виде трепел может быть использован в составе сухих строительных смесей в качестве активного микронаполнителя.

В настоящее время существует множество методов изучения порошковых материалов. Для оценки размеров частиц используют следующие методы анализа: седиментационный, микроскопический, рентгеновский, ситовый, кондуктометрический, пикнометрический.

Микроскопическое определение гранулометрического состава представляет собой один из наиболее традиционных методов анализа. Для проведения микроанализа исследуемый порошок диспергируют в хорошо смачивающей жидкости. Далее полученную суспензию помещают и равномерно распределяют на предметном стекле. Измерение размеров частиц производят с помощью окулярной сетки или шкалы.

Целью исследования является выбор оптимальной по своим диспергирующим свойствам жидкости для исследования аморфного диоксида кремния. Исследование структурно-геометрических параметров кремнезема проводилось на микроскопе ММР-2Р. Для эксперимента были взяты дисперсионные жидкости, свойства которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства дисперсионных жидкостей

Жидкость	ρ [кг/м ³]	μ [мПа·с]	δ [Н/м]
вода	997	1,004	0,0728
спирт этиловый	790	1,190	0,0228
спирт изопропиловый	786	2,430	0,0217
керосин	819	1,490	0,0289
глицерин	1260	1480	0,0594
бензин	710	0,520	0,0220

Основополагающими аспектами при использовании дисперсионных жидкостей являются: равномерное распределение частиц исследуемого порошка в суспензии и на предметном стекле; минимизация образования больших кластеров частиц исследуемого образца; высокая скорость испарения, для удобства изучения поверхности и предотвращения образования ореолов.

В результате анализа результатов эксперимента была выбрана наилучшая жидкость – изопропиловый спирт. Частицы полученного об-

разца с использованием данной жидкости наиболее равномерно распределены по поверхности, большого скопления частиц при полном осмотре предметного стекла не найдены. Данная жидкость признана лучшей также ввиду того, что она быстро испарилась после нанесения суспензии на стекло.

На образцах с использованием этилового спирта и воды были обнаружены зоны большого скопления частиц трепела. Скорость испарения этилового спирта с поверхности стекла приблизительно равна скорости испарения изопропилового спирта. Вода испаряется намного медленнее спиртов, что оказывает негативное влияние на проведение эксперимента.

При использовании бензина не удалось получить суспензию, а как следствие из этого изучение микроструктуры не было проведено. Глицерин и керосин не пригодны для исследования выше описанным методом, так как обе жидкости имеют большое время испарения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов Д.М.* Влияние истинной плотности частиц порошковых систем на их фрактальную размерность / М.Д. Мордасов, А.В. Фирсова, Д.М. Мордасов // Вестник ТГТУ, 2017. Т. 23. № 2. С. 348–355.
2. *Мордасов М.Д.* Исследование структуры полимерного композиционного материала / М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: Сборник материалов конф. В 3 частях. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. С. 464-466.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 32Г2

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,
профессор

Тамбовский государственный технический университет

Исследована структура сварного соединения стали 32Г2 после различных режимов отпуска. Установлено, что структурные особенности стали, сформированные на этапе изготовления не устраняются высоким отпуском. Доказано, что отпуск при 700 °С позволяет получить зернистый перлит в зоне термического влияния и устранить видманштеттову структуру.

Ключевые слова: сталь, сварное соединение, свариваемость, термообработка, отпуск, микроструктура.

EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE STRUCTURE OF STEEL 32G2

M.D. Mordasov, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor – **D.M. Mordasov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Tambov State Technical University

The structure of the welded joint of steel in grade 32G2 after various tempering modes was investigated. It is found that the structural features of steel formed during the manufacturing stage are not eliminated by high tempering. It proved that tempering at 700 deg. Celsius allows to obtain granular pearlite in the heat affected zone and eliminate Widmanstädter pattern.

Keywords: steel, welded joint, weldability, heat treatment, tempering, microstructure.

Для изготовления труб нефтегазовой промышленности широко применяется конструкционная легированная сталь 32Г2. Обладая высоким пределом прочности – 696 МПа, основной областью применения

стали является изготовление высокопрочных обсадных, бурильных и наосно-компрессорных труб.

Существуют различные способы соединения труб в колонну: резьбовое соединение, сварка, соединение в раструб и с помощью муфты.

При использовании технологии неразъемного соединения трубных конструкций с помощью сварки плавлением, возможно их разрушение из-за резких различий структуры в зоне термического влияния.

Сталь 32Г2 относится к сталям с ограниченной свариваемостью, углеродный эквивалент по ГОСТ 27772-2015 составляет $S_e = 0,6\%$. При таком значении S_e в металле сварного соединения возможно образование закалочных структур, что в случае насыщения металла водородом и при условии наличия высоких сварочных напряжений, может привести к образованию холодных трещин. Одним из способов борьбы с образованием холодных трещин является проведение операции отпуска (высокого или низкого) сварного соединения [1, 2].

При проведении исследований изучены образцы сварного соединения стали 32Г2 проволокой 1.2Св-08Г2С в защитной газовой среде 80%Ar+20%CO₂. Образцы были подвергнуты отпуску при температуре 500°C в течение 30 мин. и 700°C в течение 30 мин. Охлаждение после отпуска в целях предотвращения отпускной хрупкости осуществлялось в воде.

В результате изучения микроструктур образцов, травление которых осуществлялось в 5% спиртовом растворе азотной кислоты, установлено, что структура основного металла - феррито-перлитная с большой долей блочного феррита. Зерна феррита имеют криволинейную форму. Следует отметить, что такая структура не является оптимальной, так как чем острее и криволинейнее границы зерен, тем хрупче сталь. Независимо от режима отпуска такая структура основного металла сохраняется. Это связано с особенностями изготовления труб на металлургическом комбинате: недостаточно эффективное охлаждение после термической обработки.

При нагреве сварного соединения до температуры отпуска 500 °С начинается процесс первичной рекристаллизации, в результате которого происходит увеличение доли равновесных зерен, возрастает пластичность и незначительно снижается твердость. Наиболее интенсивно этот процесс протекает на участках перегрева, неполного расплавления и в теле шва, где структура имеет ярко выраженную неоднородность.

Отпуск при 700 °С в течение 30 мин. позволяет исправить структуру участков, где сформировался видманштетт. Наличие видманштетта нежелательно в сварных швах, так как игольчатый феррит, выделяющийся по границам аустенитных зерен, снижает механические свойства. При нагреве стали 32Г2 до температуры 700 °С избыточный феррит в металле

шва и зоне термического влияния переходит в аустенит, а пластинки цементита в перлите принимают округлую форму, вследствие чего образуется зернистый перлит, обладающий немного меньшей твердостью но повышенной пластичностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов Д.М.* Особенности термической обработки сварных соединений из стали 10X17H10M2T / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов, Д.А. Черных // «Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах»: Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов. 2016. С. 181-183.
2. *Мордасов Д.М.* Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали X12MФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 3. С. 481-490.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОКИСЛЕНИЯ ЛАТУНИ

В.И. Петренко, Я.С. Земцова, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,
профессор

Тамбовский государственный технический университет

Представлены результаты исследований динамики окисления латуни в растворе азотной кислоты. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что значения координат R , G и B аддитивной цветовой модели растут с увеличением времени окисления латуни и стремятся к определенным значениям.

Ключевые слова: латунь, обесцинкование, аддитивная цветовой модель.

RESEARCH OF BRASS OXIDATION DYNAMICS

V.I. Petrenko, Y.S. Zemtsova, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor – **D.M. Mordasov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Tambov State Technical University

The results of investigations of brass oxidation dynamic in a nitrogen-containing medium are presented. As a result of processing of experimental data, it was found that the values of the coordinates R , G and B grow with increasing oxidation time and tend to certain values.

Keywords: brass, de-galvanizing, audio, color model.

Одним из наиболее широко распространенных сплавов на основе меди является латунь. Латунь это сплав меди с цинком. Кроме этих элементов в основе существующих марок латуни содержатся также элементы как олово, марганец, свинец, железо и другие элементы, которые необходимы для улучшения свойств. Отличительной особенностью изделий из латуни является их золотистый цвет, высокая коррозионная устойчивость и хорошие физико-механические свойства.

Тем не менее, в процессе эксплуатации возможно ее обесцинкование – вид коррозионного разрушения, при котором в результате действия на латунь окислительной фазы, с ее поверхности удаляется цинк, являющийся более активным металлом. При этом медь остается, и окраска поверхности приобретает красноватый цвет.

Целью настоящего исследования является изучение динамики окисления латуни в азотсодержащей кислотной среде. В качестве окислительной среды использовался водный раствор азотной кислоты, в который помещались специально подготовленные отполированные образцы латуни Л62. Степень обесцинкования определялась путем изменения координат аддитивной цветовой модели RGB [1, 2].

В ходе испытаний особое внимание было уделено разработке методике объективной оценки цвета поверхности. С этой целью был использован сканер высокого разрешения, с помощью которого образцы сканировались и их цифровые изображения обрабатывались в графическом редакторе Paint.

Периодичность наблюдения составляла 24 часа. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что значение координат R, G и B аддитивной цветовой модели, определяемой по цифровым изображениям поверхности латуни, растут с увеличением времени ее окисления и стремятся к определенным значениям. Такая зависимость связана с формированием окисной пленки, толщина которой и определяет изменение цвета. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в исследовательской практике для установления времени пребывания латунных изделий в окислительных средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Витер В.И.* О возможности количественной характеристики цвета кровоподтека при определении давности его образования / В.И. Витер, А.В. Литвинов, С.В. Чирков // Издательский Дом "Академия Естественных наук", 2014. Вып. № 10-5. С. 869-872.
2. *Тарасова М.А.* Идентификация зон коррозионного повреждения на поверхности оптическим методом / М.А. Тарасова // Вестник ИжГТУ, 2014. № 2. С. 39–40.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА AL-SiC-TiC

В.А. Вахрамова, А.Р. Луц

Научный руководитель – **А.Р. Луц**, канд. техн. наук, доцент

Самарский государственный технический университет

В работе приводится термодинамический анализ возможности синтеза карбида титана и карбида кремния в расплаве алюминия. Также показана зависимость адиабатической температуры от начальной температуры расплава при изменении процентного содержания SiC.

Ключевые слова :алюминий, карбид кремния, карбид титана, самораспространяющийся высокотемпературный синтез

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF COMPOSITE ALLOY Al -SiC-TiC SYNTHESIS POSSIBILITY

V.A. Vahramova, A.R. Luts

Scientific Supervisor – **A.R. Luts**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Samara State Technical University

The paper presents a thermodynamic analysis of the possibility of synthesis of titanium carbide and silicon carbide in aluminum melt. The dependence of the adiabatic temperature on the initial melt temperature with a change in the percentage of SiC is also shown.

Keywords: aluminum, silicon carbide, titanium carbide, self-propagating high-temperature synthesis.

В последние годы актуальной научно-технической задачей современного материаловедения считается создание новых конструкционных материалов, обладающих комплексом уникальных свойств. Одним из наиболее перспективных путей в этом направлении является разработка новейших композиционных материалов, использование которых даст возможность существенно увеличить механические и эксплуатационные свойства изделий. Особое внимание уделяется композитам на алюминии-

вой основе, которые уже находят применение в космической, авиационной, машиностроительной и многих других отраслях промышленности [1].

Значительный интерес исследователей вызывают сплавы, армированные частицами высокодисперсных фаз карбида титана (TiC) и карбида кремния (SiC). Такие сплавы при небольшом содержании армирующей фазы могут применяться в качестве эффективных модифицирующих лигатур алюминиевых сплавов, а при повышенном содержании – в качестве дискретно упрочненных алюмоматричных композиционных материалов с значительной степенью физико-механических и эксплуатационных свойств. Последние исследования, посвященные подобным композициям [2], свидетельствуют о том, что при соблюдении ряда условий (к примеру, размер и количество частиц, характер их распределения по объему матрицы и др.), ввод в алюминиевые сплавы высокопрочных армирующих частиц дает возможность достичь повышенных значений удельной прочности, жесткости, демпфирующей способности, износостойкости и существенных трибологических характеристик.

В течение последних лет работники кафедры «Металловедение, порошковая металлургия и наноматериалы» СамГТУ ведут исследования по применению процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для получения алюмоматричных композиционных сплавов. Суть метода СВС заключается в проведении экзотермической реакции компонентов армирующей фазы непосредственно в расплаве алюминия. Результаты проведенной работы позволили синтезировать композиционный сплав Al-TiC с высокими механическими показателями [3].

Для дальнейшего улучшения свойств было принято решение о введении в состав сплава дополнительной фазы SiC. Но прежде, чем приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо выполнить термодинамический анализ с целью изучения возможной адиабатической температуры системы, поскольку реализация метода СВС возможна только при ее значениях не менее 1800 °С. При этом необходимо учитывать то, что слишком значительное повышение температуры системы может способствовать продолжению диффузионных процессов и спеканию ранее образованных частиц, итогом чего может стать нежелательная крупнодисперсная структура. Таким образом, становится очевидной потребность точного расчета адиабатической температуры с целью исследования возможности и условий синтеза ультрадисперсного композиционного сплава Al-TiC-SiC методом СВС, что и было поставлено целью данной работы.

Для расчета термодинамических параметров применялся комплекс программ «THERMO», созданный в Институте структурной макрокинетики РАН (г. Черноголовка). Был произведен расчет количества компо-

нентов в моль, исходя из условия добавки 2, 4 6 масс. % SiC и 10 масс.% TiC (при общей массе плавки 200 г).

Система Al-2%SiC-10%TiC

Исходя из пропорции $\begin{cases} 200 \text{ г} - 100\%; \\ x \text{ г} - 2\% \end{cases}$ количество SiC составит 4 г.

Исходя из пропорции $\begin{cases} 200 \text{ г} - 100\%; \\ x \text{ г} - 10\% \end{cases}$ количество TiC составит

20 г.

Весовое количество СВС-шихты, в состав которой входят порошки из кремния, титана и углерода составит 24 г, матричный алюминий – 176 г. Количество компонентов в моль составит:

$$\text{Al(ж)}: \frac{176 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 6,518 \text{ моль}$$

Для системы Al-2%SiC-10%TiC, в соответствие с пропорциями для шихты бралось следующее количество реагентов:

$$\text{Si(т)}: \frac{2,8 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\text{C(т)}: \frac{1,2 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\text{Ti(т)}: \frac{16 \text{ г}}{48 \text{ г/моль}} = 0,333 \text{ моль}$$

$$\text{C(т)}: \frac{4 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 0,333 \text{ моль}$$

Система Al-4%SiC-10%TiC

Количество SiC составит 8 г., количество TiC- 20г.

Весовое количество СВС-шихты, состоящей из порошков кремния, титана и углерода, составит 28 г. Соответственно, 172 г - алюминий. В моль количество компонентов составит: Al(ж) – 6,370 моль; Si(т) – 0,2 моль; C (т) – 0,533 моль; Ti (т) – 0,333 моль.

Система Al-6%SiC-10%TiC

Количество SiC составит 12 г., количество TiC- 20 г.

Весовое количество СВС-шихты, состоящей из порошков кремния, титана и углерода, составит 32 г и 168 г на расплав алюминия. В моль количество компонентов составит: Al(ж) – 6,222 моль; Si(т) – 0,3 моль; C (т) – 0,633 моль; Ti (т) – 0,333 моль.

Результаты расчета зависимости адиабатической температуры в системах с различным количеством исходных компонентов и при изменяющейся начальной температуре расплава показана на рис. 1.

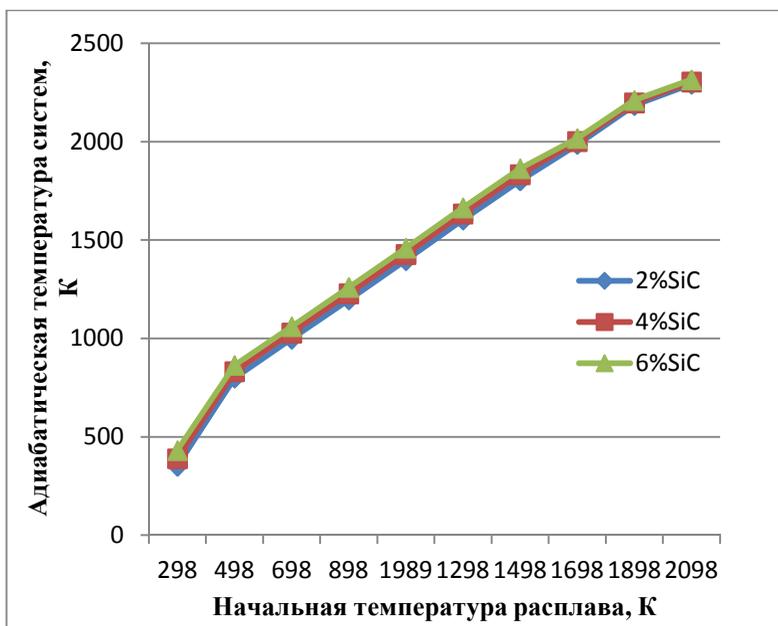


Рис. 1. Зависимость изменения адиабатической температуры от начальной температуры расплава, К

Анализ полученных результатов показывает, что совместный синтез частиц карбида титана и карбида кремния в расплаве алюминия, является экзотермичным и приводит к росту адиабатической температуры системы до значений выше 2000 °С, что является оптимальным значением для осуществления синтеза композиционных сплавов данной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kumar G.* Mechanical and Tribological Behavior of Particulate Reinforced Aluminum Metal Matrix Composites / G. Kumar, C. Rao and N. Selvaraj // *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2011. Vol. 10. No. 1. Pp. 59-91.
2. *Qanavatian Hossein* Synthesis of Fe₃ Al–TiC–SiC Nanocomposite by Mechanical Alloying of FeSiTiO₃–Al–C Powders / Hossein Qanavatian, Majid Zarezadeh Mehrizi, Mahdi Raoufi. “Silicon”, 2018. Pp. 1–7.
3. Применение процессов СВС для получения in situ алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наноразмерными частицами карбида титана: Обзор / А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин, А.А. Ермошкин // *Известия вузов. Цветная металлургия*, 2016. № 1. С. 39-49.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФЛОКЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Т.М. Муборакшоев, В.А. Алов

Научный руководитель – **В.А. Алов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы флокенообразования в стальных изделиях на основе теории горения при разветвленных цепных реакциях окисления водорода.

***Ключевые слова:** окисление водорода, флокенообразование, диффузия активных частиц, воспламенение, взрыв.*

BASIC PRINCIPLES OF STEEL PRODUCTS FLOKEN FORMATION

T.M. Muborakshoev, V.A. Alov

Scientific Supervisor – **V.A. Alov**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The problems of steel products flocculation are considered on the basis of theory of combustion in branched chain reactions of hydrogen oxidation.

***Keywords:** hydrogen oxidation, flocculation, diffusion of active particles, ignition, explosion.*

Единая теория флокенообразования – теория горения и взрыва Н.Н. Семенова при разветвленных цепных реакциях окисления водорода, а флокены – результат локальных цепных взрывов в объеме стальной заготовки при ее охлаждении от температур аустенизации [1].

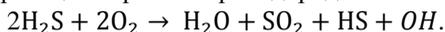
Очагами зарождения цепных реакций являются включения окисульфидов, в которых сосредоточены реагенты этих реакций (H_2 , O_2 , H_2O , H_2S , FeO , FeS , MnO , MnS).

Основной активный центр реакции – атомарный водород, растворенный в твердом растворе стали и «бомбардирующий» окисульфиды

при диффузии и γ - α превращении, повышая скорость цепной разветвленной химической реакции. Первичный взрыв происходит при достижении активными частицами (H , O , OH , SH и др.) нижнего предела давления в одном из начальных объемов включений.

При этом основной реакцией горения и взрыва, приводящей к образованию флокенов в стальной заготовке, является цепная реакция горения водорода: $2H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + H + OH$.

А побочной, идущей по механизму цепных реакций с вырожденным разветвлением, реакция горения сероводорода:



Наличие последнего (H_2S) особенно вероятно в зоне «усов» (внецентренной Λ -образной ликвации слитка), где имеет место высокое содержание серы.

Возникновение цепного воспламенения и взрыва объясняется лавинообразным нарастанием числа активных частиц (свободных атомов и радикалов) при постоянной температуре в результате протекания разветвленной цепной реакции. Особенностью цепного взрыва является то, что, в отличие от теплового, он происходит при низких температурах - комнатной даже минусовых.

Теоретически образование флокенов возможно во всем интервале температур (T) и давлений (P) полуострова воспламенения и взрыва горючих смесей. При этом максимальная температура возникновения первичного цепного взрыва для водородноокислородных смесей находится в интервале 575-600 °C [2]. Поэтому и нижняя температура поверхности поковки под закалку должна быть не ниже 600 °C.

Из обеих представленных цепных реакций видно, что разветвление цепей происходит не только за счет активного атома водорода, но и молекулярного и атомарного кислорода (O_2 , O).

В соответствии с суммарными реакциями, по которым производят химические расчеты, 2 моля H_2 или H_2S требуется соответственно, 1 – или 2 моля O_2 . То есть при любой, самой малой концентрации реагентов эти реакции идут при указанных выше соотношениях, изменяется только их скорость, которая прямо пропорциональна концентрации и равна

$$V_1 = k_1[H_2]2[O_2]^2 \quad \text{и} \quad V_2 = k_2[H_2S]2[O_2]^2,$$

где k – константа скорости реакции, зависящая от природы реагентов, присутствия катализатора и температуры, но не зависящая от концентрации реагентов.

Установлено, что пределы взрываемости $H_2 + O_2$ смесей находятся в интервале 4-94% (вес.) H_2 , а H_2S+O_2 : 4,3 – 45,5% (об.) H_2S . Поэтому в каком-либо объеме сульфидов или окисульфидов с диаметром более кри-

тического и достижения давления газовой смеси выше нижнего предела воспламенения будет происходить цепное воспламенение и взрыв газовой смеси с образованием активных промежуточных частиц H_2O , OH , и SH , которые после первичного взрыва диффундируют к другим объемным дефектам поковки, вызывая многочисленные локальные взрывы.

В случае взрыва давление возрастает многократно и может достигать 10 ГПа (10^5 атмосфер). Такой взрыв в одном из локальных объемов включений провоцирует прохождение цепных взрывов в других локальных объемах поковки с дефектами. Цепные процессы горения являются диффузионными, так как их пространственное распространение происходит вследствие передачи активных частиц путем диффузии. Поэтому при локальном первичном взрыве активные частицы цепной реакции диффундируют к другим областям.

Изложенное выше позволяет заключить, что основной причиной образования взрывоопасной горючей газовой смеси, ее первичного взрыва в одном из локальных объемов включений и ее распространение на другие объемы связано процессом диффузии активных частиц (атомов и радикалов) из твердого матричного раствора стали к несплошностям слитка. Поэтому зона внецентренной ликвации слитка – «усов» (основной составляющей которых является сульфид марганца), остающаяся в поковке и находящаяся на расстоянии $1/3$ радиуса слитка от его поверхности, является местом наиболее вероятного образования флокенов, где первичный взрыв в одном из сульфидов зоны приводит к цепной реакции взрывов в других близлежащих сульфидах с образованием многочисленных волосовидных трещин-флокенов и направленностью взрывной волны к центру сечения поковки. В свою очередь в поверхностной, «чистой» и наиболее плотной зоне поковки (слитка) флокены отсутствуют, поэтому для предотвращения диффузии атомарного водорода и кислорода из центральной зоны поковки, где их содержание максимально, к сульфидам зоны внецентренной ликвации необходимо образование закаленного слоя толщиной не менее $1/3$ радиуса от поверхности поковки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов Н.Н. Химическая кинетика и цепные реакции / Н.Н. Семенов. М., 1966. 604 с.
2. Матвеев В.Г. Упрощение механизма горения водорода // Физика горения взрыва. 2001. № 1.

ФУЛЛЕРЕНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основные свойства фуллеренов. На основании этих свойств предлагаются перспективные направления использования фуллеренов и фуллереновых нанотрубок.

***Ключевые слова:** фуллерен, фуллереновые нанотрубки, аллотропные соединения.*

FULLERENES AND PROSPECTS OF THEIR USE

M.S. Tyunic, T.D. Stoyanova

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The main properties of fullerenes are considered. On the basis of these properties, promising directions for the use of fullerenes and fullerene nanotubes are proposed.

***Keywords:** fullerene, fullerene nanotubes, allotropic compounds.*

Углерод образует несколько аллотропных форм, самыми известными из которых являются алмаз и графит. В настоящее время известна еще одна аллотропная форма углерода, так называемый фуллерен. Происхождение термина "фуллерен" связано с именем американского архитектора Ричарда Бакминстера Фуллера, конструировавшего полусферические архитектурные конструкции, состоящие из шестиугольников и пятиугольников. Сегодня понятие "фуллерены" применяется к широкому классу многоатомных молекул углерода C_n , где n - 24 и более, и твердым телам на их основе. Однако еще несколько лет назад фуллереном называли молекулу C_{60} , атомы которой располагаются на поверхности сферы в вершинах 12 правильных пятиугольников и 20 шестиугольников. По данным рентгеноструктурного анализа радиус фуллерена составляет 0,357 нм.

В настоящее время углерод известен как единственный элемент периодической системы Д.И. Менделеева, способный образовывать объемные полиэдрические структуры не только путем химического синтеза, но и путем самоорганизации.

Необычные свойства позволяют ученым находить фуллеренам необычные применения во всех отраслях науки и техники.

На сегодняшний день во всем мире ведутся активные работы по изучению свойств фуллеренов, по увеличению объема производства, по уменьшению себестоимости производства, по повышению чистоты получаемых фуллеренов и по расширению сферы использования фуллеренов в различных отраслях.

Молекула фуллерена при диаметре порядка 0,7- 0,8 нм имеет внутри полость. В эту полость можно помещать атомы других элементов или даже целые молекулы. При небольшом изменении свойств фуллеренов можно будет в скором будущем использовать фуллерены как контейнеры (капсулы) для консервации радиоактивных отходов, которые на сегодняшний день представляют огромную опасность не только экологии, а вообще существованию человека как вида на Земле.

Сами по себе фуллерены в чистом виде являются полупроводниками. Это даёт возможность уже сегодня создавать не микропроцессоры, а нанопроцессоры, нанодиоды, нанотриоды, нанополупроводники, фотосенсоры, солнечные батареи, устройства разнообразной молекулярной электроники. Например, сегодня солнечные батареи стоят достаточно дорого и не доступны каждому, но фуллерены открывают возможность существенно снизить стоимость солнечных батарей и буквально печатать их, как обои.

Крупнейшая международная корпорация "Мицубиси" начала использовать фуллерены в качестве основы для производства аккумуляторных батарей. Батареи на основе фуллеренов характеризуются более высокой эффективностью, малым весом, а также экологической и санитарной безопасностью по сравнению с наиболее продвинутыми в отношении этих качеств аккумуляторами на основе лития. Планируется широкое использование аккумуляторов на основе фуллеренов для питания персональных компьютеров и слуховых аппаратов.

Сам термин "нанотехнологии" обязан своим появлением фуллеренам. После открытия фуллеренов, а позднее и фуллереновых трубок, диаметр которых в пределах одного нанометра, ученые дали этим трубкам название нанотрубки. Удивительным свойством нанотрубок является их прочность, которая в несколько раз выше, чем у стали. При легировании щелочными металлами, фуллерены превращаются в сверхпроводники. Вот представьте себе, сверхпрочный сверхпроводник, который будет передавать электроэнергию на большие расстояния без потерь.

Уже много лет ведущие производители автомобилей, тракторов и другой техники успешно используют фуллерены для улучшения свойств смазочных материалов (масел и т.п.). Практика показала, что добавление в масла фуллереновых «шариков» увеличивают срок службы трущихся деталей в 5-6 раз.

Фуллерены являются эффективными катализаторами в процессе синтеза искусственных алмазов из графита. При этом выход готовых алмазов уже сегодня удалось увеличить на 30%.

Очень широкое применение нашли фуллерены в медицине. Обсуждается идея создания противораковых препаратов на основе фуллеренов, внутри которых находятся радиоактивные изотопы. Гидроксированный фуллерен $C_{60}(OH)_{26}$, хорошо растворимый в воде, обладает значительно более высокой антиоксидантной активностью, чем витамины «Е» и «А». В отличие от этих одноразовых антиоксидантов (1 молекула витамина уничтожает только 1 радикальную частицу), фуллерены являются многократными: они собирают на своей поверхности несколько радикалов, которые самоуничтожаются. Фуллерены оказались эффективными ловушками для свободных радикалов. В 1993 году американские исследователи обнаружили, что растворимое в воде производное фуллерена C_{60} инактивирует вирус СПИД.

В настоящее время большую часть фуллеренов получают из графита. Но наука не стоит на месте и уже сегодня ведутся разработки по получению фуллеренов из любой сажи, то есть из отходов производства. Технологии современности позволили сравнительно быстро увеличить общее количество установок, чтобы получать больше фуллеренов, также всё лучше и эффективнее работают методы их очистки. Именно поэтому стоимость, например, C_{60} существенно снизилась за последние полтора десятка лет (с десяти тысяч до десяти-пятнадцати долларов за грамм). Когда человечество научится получать самый прочный материал из любой сажи, проблема экологии снимется сама собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сладкова Т.А.* Новые углеродные наноматериалы: получение, исследование, перспективы применения. Издательство Наука, 2013.
2. *Кац Е.А.* Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: родословная форм и идей. Издательство Либроком, 2019.
3. *Закриничная М.М.* Диссертация на тему “Образование фуллеренов в углеродистых сталях и чугунах при кристаллизации и термическом воздействии”. Уфа, 2001.
4. <http://sibsauktf.ru/courses/fulleren/g1.htm>

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ЕЁ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В.А. Крылова, А.А. Воробьева, В.Ф. Ершова

Научный руководитель – **В.Ф. Ершова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается роль стандартизации в повышении конкурентоспособности металлургической отрасли в российской промышленности.

***Ключевые слова:** стандартизация, металлургическая отрасль, производство, конкурентоспособность.*

STANDARDIZATION AND ITS ROLE IN COMPETITIVE GROWTH OF THE METAL INDUSTRY

V.A. Krylova, A.A. Vorobyova, V.F. Ershova

Scientific Supervisor – **V.F. Ershova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The role of standardization in the competitive growth of the metal industry for Russian industry is considered.

***Keywords:** standardization, metallurgical industry, production, competitiveness.*

Металлургия – область науки и техники, охватывает процессы получения металлов из руд и другого сырья, а также процессы, связанные с изменением химического состава, структуры и свойств металлических сплавов и производству различных изделий из них. Металлургия делится на чёрную и цветную. Чёрная – чугуны, стали, ферросплавы. Цветная – легкие, тяжелые, драгоценные, редкие металлы.

Доля металлургической отрасли в ВВП России составляет около 5 %, в промышленном производстве – около 18 %, в экспорте – около 14 % [4]. На рис. 1 видно, сколько было произведено основных видов продукции черной металлургии в период с 2010 по 2016 г.

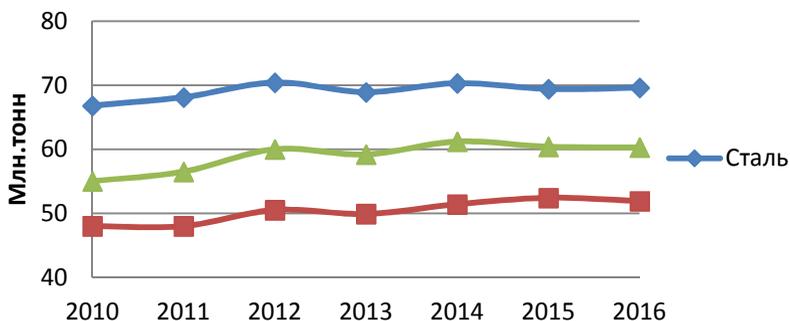


Рис. 1. Производство основных видов продукции черной металлургии [2]

Металлургическая промышленность Российской Федерации в период с 2000 по 2018 годы инвестировала в развитие большой объем средств, что позволило повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, обеспечить текущий и растущий спрос отечественных отраслей на металлопродукцию, как по объему, так по качеству.

Успешное продвижение металлопродукции на рынок, повышение конкурентоспособности зависит как от уровня финансирования, так и от эффективной системы нормативной документации. Система стандартизации в себя включает следующие основные направления: стандартизацию терминологии, продукции, документации, соответствие зарубежным аналогам, рациональное использование природных ресурсов.

Законодательная и нормативная база национальной системы стандартизации:

- Конституция РФ;
- №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»
- Постановления Правительства Российской Федерации по вопросам стандартизации;
- Документы по стандартизации;
- Международные соглашения в области стандартизации

Стандартизация - деятельность по разработке (ведению), утверждению, изменению (актуализации), отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации и иная деятельность, направленная на достижение упорядоченности в отношении объектов стандартизации [1].

Стандартизация является важнейшим инструментом управления производственной деятельностью. В Российской Федерации действуют свыше 300 межгосударственных и национальных стандартов в металлургической отрасли черных металлов, закрепленных за основными техни-

ческими комитетами. Технические комитеты по стандартизации приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1. Основные Технические комитеты

№ ТК	Наименование ТК	Организация	Город	Эффективность
ТК357	Стальные и чугунные трубы и баллоны	ОАО «РосНИТИ»	Челябинск	67,24
ТК367	Чугун, прокат и металлоизделия	ОАО "УИМ"	Екатеринбург	49,60
ТК375	Металлопродукция из черных металлов и сплавов	ФГУП «ЦНИИ чермет им. И.П. Бардина»	Москва	46,52
ТК373	Цветные металлы и сплавы	ФГУП «Институт "Гинцветмет»	Москва	30,28
ТК008	Ферросплавы	АО «НИИМ»	Челябинск	23,09

Был проведен анализ стандартизации в области металлургии (рис/2), который свидетельствует о том, что одной из основных проблем развития системы в металлургической отрасли РФ является низкий уровень обновления стандартов – свыше половины действуют более 25 лет.

Стандартизация в металлургии является одним из основных факторов обороноспособности. Необходимо значительно ускорить темпы пересмотра и разработки новых стандартов. Для решения этих проблем не обойтись без взаимодействия с предприятиями.

С целью повышения результативности реализации положений № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» необходимо активизировать работу технических комитетов по стандартизации в области металлургии.

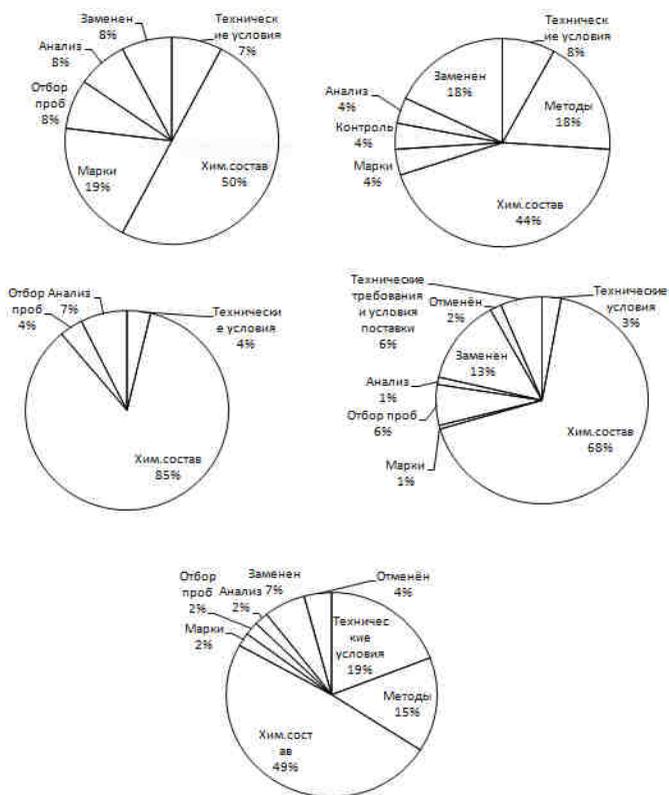


Рис. 2. Диаграммы соотношений количества стандартов в металлургии:
 а) чугуны; б) стали; в) чёрные металлы в целом;
 г) ферросплавы; д) цветные металлы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О стандартизации в Российской Федерации: федер. закон от 29.06.2015 N 162-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/
2. Россия в цифрах [Текст]: крат. стат. сб. / Федер. служба гос. статистики России (Росстат). М.: [б. и.], 20. 2015. 2015. 543 с.
3. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. М., 1997-2019. URL: <https://www.gost.ru/> (Дата обращения: 20.02.2019).
4. ГНЦ РФ ФГУП «ЦНИИ чермет им. И.П. Бардина»: [Электронный ресурс]. М., 2005-2010. URL: <http://www.чермет.net/> (Дата обращения: 20.02.2019).

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»

УДК 347.7

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «МИР СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ»

А.В. Кузин, С.И. Моднов

Научный руководитель – **С.И. Моднов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье описывается процесс разработки и внедрения междисциплинарной дополнительной образовательной программы, ориентированной на учащихся старшей школы, направленной на воспитание интереса к техническим и компьютерным наукам.

Ключевые слова: *дополнительная образовательная программа, повышение интереса к техническим наукам у детей, привлечение абитуриентов, внеклассная деятельность.*

ADDITIONAL EDUCATIONAL PROGRAM «WORLD OF MODERN ENGINEERING» DEVELOPMENT

A.V. Kuzin, S.I. Modnov

Scientific Supervisor – **S.I. Modnov**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper describes the process of developing and implementing an interdisciplinary supplementary educational program, focused on high school students and aimed at fostering interest in technical and computer sciences.

Keywords: *additional educational program, raising interest in technical sciences for children, attracting applicants, extracurricular activities.*

В настоящее время никто не сомневается в важности изучения технических и точных наук, в число которых входят математика, физика

и информатика. В постиндустриальную эпоху информатизация охватывает все слои общества и становится частью интеллектуального кода современного человека. С появлением большого числа тренингов, онлайн-школ и образовательных курсов резко возросла доступность различных методических разработок, схем и подходов. Школьники и студенты могут заниматься самообразованием, изучая то, что необходимо для овладения будущей профессией и входит в систему их жизненных ценностей. Однако существует ряд проблем, связанных с определением образовательной траектории у старшеклассников из-за недостаточной эффективности профориентационной работы в школе. Разнообразные образовательные программы зачастую рассматриваются детьми лишь как досуг и развлечение, а не первое знакомство с профессиональной деятельностью. К тому же, повсеместная информатизация может оказывать и негативное влияние: отвлекать молодых людей от жизненных реалий, снижать активность их гражданской позиции, приводить к рассеянности внимания и пассивности.

Для решения этих проблем создаются специальные проекты, способные охватить целый спектр задач по развитию личности школьника и формированию у него интереса к будущей профессии. Одним из таких проектов является «Артек Ярославии» – совместное начинание трех университетов нашего региона: государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского, государственного технического университета и государственного университета им. П.Г. Демидова.

За основу был взят успешный опыт международного детского центра «Артек» – самого знаменитого пионерского лагеря и визитной карточки пионерской организации страны. В соответствии с современной концепцией «Артека» в качестве приоритетной, помимо оздоровления и отдыха, была определена инновационная образовательная деятельность. К разработке новых образовательных технологий были привлечены эксперты со всех регионов России. Таким образом, к 2015 году МДЦ «Артек» стал первой образовательной организацией Республики Крым, получившей лицензию на осуществление образовательной деятельности по программам общего и дополнительного образования [1].

В обеспечении образовательного процесса МДЦ «Артек» задействованы более 90 тематических партнёров из числа крупных российских компаний и государственных корпораций, высших учебных заведений, учреждений культуры и социальной сферы. С их участием разработаны и реализуются более 120 тематических образовательных программ технической, естественнонаучной, социально-педагогической, художественной, туристско-краеведческой и физкультурно-спортивной направленности [2].

В рамках тематических партнерств расширены инфраструктурные возможности дополнительного образования, в том числе созданы технические лаборатории и творческие мастерские.

С 2016 года в МДЦ «Артек» началась апробация новой технологии организации образовательного процесса «Сетевой образовательный модуль» (СОМ), основанной на интеграции возможностей школы, дополнительного образования и детского лагеря [3]. Организация сетевой формы реализации образовательных программ в формате СОМ рекомендована Правительством России для внедрения в субъектах Российской Федерации. Ярославская область стала одним из таких субъектов, приняв участие в СОМ и организовав проект «Артек Ярославии».

Суть проекта заключается в отборе лучших и заинтересованных в педагогическом развитии студентов технического, педагогического и гуманитарного вузов и их последующей интеграции в МДЦ «Артек» в качестве вожатых. Данные студенты прошли подготовку на базе ЯГПУ в соответствии с правилами и этикой МДЦ и получили сертификаты по дополнительной профессиональной программе «Основы деятельности вожатого при работе с детьми и подростками в международном детском центре «Артек»» [4]. Подготовленные студенты были отправлены в Крым для получения необходимого опыта и навыков работы с детьми. Благодаря этому в Ярославле будет создан свой детский центр на базе детского оздоровительного лагеря им. Горького. В работе центра предполагается использование технологий образования МДЦ «Артек».

Ярославский государственный технический университет подготовил свой проект образовательной программы, поддержав «Артек Ярославии». Данная программа носит название «Мир современной инженерии» и является междисциплинарной дополнительной образовательной программой, рассчитанной на обучающихся 9-11 классов средних образовательных школ, отдыхающих в ДОЛ им. Горького. На данный момент, программа «Мир современной инженерии» находится в разработке и будет апробирована в июне-августе 2019 г. в качестве одной из образовательных составляющих проекта «Артек Ярославии».

Программа знакомит слушателей с современными отраслями нового технологического уклада, передовыми разработками и технологиями.

Среди них технологии безлюдного производства, наиболее актуальные для освоения отдаленных территорий страны и автоматизации труднодоступных месторождений. Например, подобные технологии успешно применяются на Усть-Лужском железнодорожном узле, имеющим уникальную сортировочную горку, работающую в автоматическом режиме и распускающую одновременно два состава и формирующую поезда без участия человека. Помимо обслуживания и мониторинга техниче-

ского состояния составов, на станции Лужская проводится тестирование системы беспилотного управления маневровыми тепловозами [5].

Особое внимание в программе уделяется цифровому моделированию (Building Information Modeling) и аддитивным технологиям, способными сотворить революционный прорыв в строительстве. Как известно, особенностью цифрового моделирования является проектирование строительного объекта, как единого целого. Изменение какого-либо одного из его параметров влечет за собой автоматическое изменение связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика. Развитие аддитивных технологий также может оказать существенное влияние на строительство, упрощая и ускоряя постройку зданий. Среди применений технологии аддитивного производства, наиболее востребованным представляется производство функциональных изделий для нужд наиболее заинтересованных отраслей промышленности таких как авиакосмическая отрасль, автомобиле- и машиностроение, ВПК, медицина в части протезирования, то есть там где существует острая потребность в изготовлении высокоточных изделий и их прототипов в кратчайшие сроки [6].

Аддитивные технологии тесно связаны с появлением новых композитных материалов, таких как углепластики, стеклопластики, базальтопластики, армидные пластики и металлокомпозиты, высокотехнологичной керамики – алюминиевой, циркониевой, оксидной, нитридной, карбидной керамики и других, новых строительных материалов– изоляционных материалов из пеностекла, модификаторов дорожных покрытий на основе резинового порошка или полимерных волокон, новых видов бетонов. Спектр применений новых материалов самый широкий – космос и авиастроение, строительство, медицина, оборона и безопасность. Программа «Мир современной инженерии» не обходит мимо и это увлекательное направление.

Разрабатываемая программа затрагивает и вопросы экологии, уделяя внимание альтернативным источникам энергии и знакомя школьников с ними. Подростки прослушают лекции по важности сохранения окружающей среды, рациональном использовании ресурсов и подумают над тем, как можно улучшить их уровень жизни.

Компьютерные науки представлены робототехникой, интернетом вещей и новейшими телекоммуникационными технологиями, подобными Li-Fi – технологии передачи данных, относящейся к VLC (Visible Light Communication – «связь по видимому свету»), т.е. двунаправленной высокоскоростной беспроводной коммуникационной технологии [7]. В рамках программы обучающимся будет предложено ознакомиться с основами робототехники и проектирования «умного дома». Также, школь-

ники смогут попробовать свои знания в программировании и веб-технологиях.

«Мир современной инженерии» будет технологическим трансфером, позволяющим переложить фундаментальные научные результаты и идеи через прикладные исследования и разработки в конкретные технологии в интересах промышленных партнеров для формирования будущего кадрового состава предприятий и выбора будущих профессий школьников.

В содержании программы предусматривается также и ее профориентационная направленность на формирование контингента потенциальных абитуриентов ЯГТУ. Обучающиеся познакомятся с историей университета, его структурой и направлениями подготовки. Дисциплины в рамках «Мира современной инженерии» будет предложено преподавать студентам технического университета старших курсов и магистрантам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О создании федерального государственного бюджетного учреждения «Международный детский центр “Артек”» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/docs/13111/>;
2. Артек 2.0 Перегрузка. Концепция международного детского центра «Артек» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20160406085929/http://old.artek.org/information/Project%20Development%20Concept%20Artek/Artek%202.0.pdf>;
3. Новые элементы для педагогической системы «Артека» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://web.archive.org/web/20150402132954/http://www.artek.org/press_cents/news/detail.php?ID=7730;
4. Управление по социальной и демографической политике. «Артек Ярославии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.yarregion.ru/depts/socdem/tmpPages/news.aspx?newsID=1017>;
5. Безлюдные технологии, уникальная горка и стопперы – технологии работы самой технологичной сортировочной станции в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/bezlyudnyetehnologii-unikalnaya-gorka-i-stoppery-tehnologii-raboty-samoy-tehnologichnoy-sortirov/>;
6. Цифровое моделирование в России есть: доказано компанией «Неолант» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sapr.ru/article/24327>;
7. Li-Fi: будущее Интернета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/435262/>.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ
ПОСРЕДСТВОМ ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ**

Д.А. Ермаков

Научный руководитель – **В.Ш. Комлева**, заместитель декана
технологического факультета

Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет (филиал - Институт пищевых технологий и дизайна)

*Рассматривается структура ресурсного центра по подготовке кадров
индустрии питания. Предлагается в образовательные программы внести изме-
нения, способствующие формированию профессиональных компетенций и обес-
печивающие конкурентоспособность выпускников на рынке труда.*

***Ключевые слова:** индустрия питания, профессиональные компетенции,
ресурсный центр.*

**QUALITY IMPROVING OF FOOD INDUSTRY SPECIALISTS
TRAINING THROUGH THE MATERIAL-TECHNICAL BASE
OPTIMIZATION**

D.A. Ermakov

Scientific Supervisor – **V.S. Komleva**, Deputy Dean of the Faculty
of Technology

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics
(branch - Institute of food technology and design)

*The structure of the resource center for specialists training in the field of food
industry is considered. To make changes in educational programs contributing to the
formation of professional competencies and ensure the competitiveness of graduates in
the labor market is proposed.*

***Keywords:** food industry, professional competence, resource center.*

В настоящее время повышение эффективности и качества образования является одним из основных направлений реализации государственной политики в области тех системных преобразований, которые обеспечат решение вопросов социально-экономического развития нашей страны [1]. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации ставит перед регионами задачу адаптации содержания и структуры образования в соответствии с потребностями рынка труда. Решение такой задачи предполагает разработку и внедрение программ модернизации, в том числе и путем оптимизации материально-технических баз образовательных учреждений, способствующих оперативному переводу знаний в профессиональные умения и навыки [2].

В настоящее время подготовке кадров, способных к дальнейшему профессиональному росту и профессиональной мобильности, стремящихся к самообразованию и умеющих профессионально действовать в заданных обстоятельствах, уделяется особое внимание. Анализ состояния проблемы подготовки таких специалистов диктует необходимость перестройки подходов к реализации образовательных технологий на всех его уровнях, в том числе, и на рабочем месте [3].

В ходе совместного с работодателями анализа ситуации на нижегородском рынке труда в сфере индустрии питания, как одной из приоритетных отраслей экономики региона, выявлен дефицит высококвалифицированных работников, как рабочих профессий, так и специалистов высшего и среднего звена. Связано это с рядом причин:

- отсутствие знаний современных технологий производства, оборудования, отсутствие навыков работы в информационной среде;
- недостаточные знания научных основ технологии и организации производства;
- отсутствие практических навыков работы.

Очевидно, что выходом из создавшейся ситуации является концентрация образовательных ресурсов с одновременным обеспечением коллективного их использования на базе ресурсных центров. Под образовательными ресурсами в данном случае понимаются не только учебно-лабораторное оборудование и учебно-производственное оборудование, но и учебно-методические, информационные, кадровые и другие виды ресурсов, обеспечивающие подготовку высококвалифицированных специалистов индустрии питания.

Одним из проектов региона является создание Ресурсного центра по подготовке кадров индустрии питания, реализация которого направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся по специальностям: 19.02.10 Технология продукции общественного питания; 19.02.03 Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий; 43.02.01 Организация обслуживания в общественном питании; и направ-

лениям подготовки: 19.03.04 Технология продукции и организации общественного питания, 19.03.02 Продукты из растительного сырья; а также программам дополнительного профессионального образования.

Приоритетной задачей Ресурсного центра будет являться обеспечение предприятий и организаций Нижнего Новгорода и области квалифицированными специалистами для индустрии питания различных уровней в соответствии с действующими профессиональными стандартами, применяемыми работодателями при формировании кадровой политики, при организации обучения и аттестации работников, установлении систем оплаты труда [4]. Структура создаваемого ресурсного центра приведена на рисунке.



Структура Ресурсного центра по подготовке кадров индустрии питания

В качестве средств, обеспечивающих интерактивность учебного процесса, выступает система видеоконференцсвязи, что позволит оптимизировать процесс обучения студентов и слушателей курсов повышения квалификации и переподготовки, создав условия для проведения мастер-классов, развития дистанционного обучения, обучения на рабочем месте без непосредственного присутствия преподавателя. Возможность использования в учебном процессе мультимедийных образовательных материалов, изучение программных продуктов для ресторанного бизнеса (Aiko,

IS и др.) при изучении таких курсов, как «Информационные технологии в профессиональной деятельности», «Калькуляция и учет», «Основы предпринимательства», в учебно-методическом центре создаваемого Ресурсного центра, существенно повысит качество подготовки специалистов.

В центре инновационных технологий предполагается проведение практических занятий по следующим дисциплинам: «Техническое оснащение предприятий общественного питания», «Эстетика и дизайн кондитерских изделий», «Организация работы баров», «Основы организации обслуживания», «Организация процесса приготовления и приготовление блюд национальной и зарубежной кухни», «Организация процесса приготовления и приготовление блюд диетического и социального питания».

При введении в образовательный процесс вновь создаваемых лабораторий возникает необходимость в обновлении курсов для эффективного формирования следующих профессиональных компетенций: приготовление блюд национальной и зарубежной кухни; блюд диетического и социального питания; составление рационов лечебно-профилактического питания; рациональный подбор и эксплуатация технологического оборудования, в том числе с соблюдением правил безопасности; обслуживание и оказание услуг с учетом запросов различных категорий потребителей с применением современных технологий, форм и методов обслуживания; документирование хозяйственных операций по учету имущества; инвентаризация имущества; ведение учетно-отчетной документации в соответствии с нормативными требованиями.

Ожидаемые результаты:

- развитие образовательных технологий, направленных на формирование и развитие профессиональных компетенций специалиста с высоким инновационным потенциалом;
- быстрая адаптация выпускников на рабочих местах;
- становление и развитие эффективной системы социального партнерства: привлечение работодателей и бизнеса к формированию современного содержания образования, реализации федеральных государственных образовательных стандартов и качества подготовки кадров.

В заключении следует отметить, что материально-техническая база образовательного учреждения становится средством учебной деятельности, напрямую формирующим профессиональные компетенции на поведенческом и практическом уровне и интерес к профессиональной деятельности, что в свою очередь способствует повышению качества подготовки будущих специалистов [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сатаева Д.М.* Траектория развития проектно-исследовательской деятельности в условиях профессионального самоопределения // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 2. С. 76–78. URL: <http://e-koncept.ru/2017/570018.htm>.
2. *Сатаева Д.М.* Внедрение менеджмента знаний в организационную структуру компаний / Д.М. Сатаева, Л.В. Павлова, А.Г. Маковеев // Стандарты и качество. 2018. № 5. С. 62-65.
3. *Крайнова О.С.* Формирование кадрового потенциала: подход на основе принципов системы менеджмента качества и требований профессиональных стандартов / О.С. Крайнова, Д.М. Сатаева // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2018. № 3 (26). С. 77-85.
4. *Крайнова О.С., Сатаева Д.М.* Кадровое обеспечение системы менеджмента качества сферы услуг: учебное пособие / О.С. Крайнова, Д.М. Сатаева; Моск. ун-т им. С.Ю. Витте; фил. Моск. ун-та им. С.Ю. Витте в г. Н. Новгороде [Электронное издание]. М.: Изд-во «МУ им. С.Ю. Витте», 2018. 2,39 Мб.
5. *Сатаева Д.М.* Игровые приемы моделирования профессиональной деятельности при изучении систем менеджмента качества / Д.М. Сатаева, Л.В. Павлова, Л.В. Булкина // Педагогика. 2018. № 4. С. 84-91.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК КАК СРЕДСТВО САМООБРАЗОВАНИЯ

Р.Я. Долковски, Е.Г. Аккуратов

Научный руководитель – **Е.Г. Аккуратов**, д-р биол. наук,
преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

В работе рассматриваются характеристики электронных учебников, те черты, которые имеют принципиальное значение для разработки таких учебников. Обращено внимание на необходимость обеспечения индивидуальных образовательных траекторий для учащихся, обладающих различными типами восприятия и переработки информации.

Ключевые слова: электронное обучение, качество процессов, знания, оценка квалификаций.

ELECTRONIC TEXTBOOK AS A MEANS OF SELF-EDUCATION

R.Ya. Dolkovski, E.G. Akkuratov

Scientific Supervisor – **E.G. Akkuratov**, Doctor of Biological
Sciences, Teacher

Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense

In this paper different characteristics of digital textbooks are considered. Particularly, those features which are essential for the development of such digital textbooks. Emphasis is made on the need for individual educational trajectories for students with different types of perception and information processing.

Keywords: e-learning, quality of processes, knowledge, qualification assessment.

Одним из приоритетных направлений современного этапа развития системы образования является развитие информационной образовательной среды, обеспечение доступности электронных образовательных

ресурсов для непрерывной профессиональной подготовки военнослужащих в течении всего срока обучения и последующей службы. Эта единая для Российского военного образования образовательная среда должна включать информационные ресурсы: электронные библиотеки, базы данных, электронные учебники и др.

Учебными заведениями за последние годы было разработано большое количество электронных учебников и учебных пособий, большинство из которых имеют интерактивную визуализацию учебного материала, содержат трехмерные модели реальных объектов, стереоэффекты работы различных приборов, видеоматериалы для освоения обучающих курсов, что максимально приближает визуализацию учебного материала к формированию у обучаемых практических умений и навыков.

Настоящая работа представляет собой краткий отчет по использованию программы «SunRay BookOffice», позволяющая разрабатывать собственные электронные учебные материалы и импортировать учебные материалы других разработчиков.

Известно, что составление электронных обучающих курсов и учебников и внедрение их в учебный процесс сопряжено с целым рядом проблем организационного, технологического характера. На протяжении предыдущих десяти лет применение электронных обучающих курсов и учебников в учебном процессе составляет предмет энергичной дискуссии, а его полезность, в целом, никем в частности не опровергается. Ряд стран создали в этом направлении специализированные программы. Так, Южной Кореей в 2011 г. принят на государственном уровне план продвижения электронных учебников, согласно которому к 2015 г. все обучающиеся, начиная с первоклассников, должны были приступить к обучению с использованием электронных учебников [1]. Семь лет прошло, однако за это время в сфере образования никакой «электронной» революции в Корейской Республике так и не случилось. В одном из интернет-блогов, где дискутируется эта проблема, сами корейцы пишут, что потребуются еще долгие годы, чтобы дигитализация структуры образования обрела хоть какие-то реальные черты [2].

«Поколение Y», с современными цифровыми технологиями «на ты» только в сфере развлечения и общения, и далеко не всегда готово к их применению для постоянного получения новых серьезных систематических знаний. Всего 12,8% студентов оказывают предпочтение электронному обучающему курсу взамен его печатного аналога [3]. Как это ни покажется удивительным, еще значительно большие трудности с использованием электронных учебников у профессорского-преподавательского состава [4].

На данном этапе проводятся энергичные исследования в попытке придать свежий импульс использования и развития электронных обу-

чающих курсов и учебников [5]. В связи с этим нужно отметим работу научно-исследовательского коллектива компании SunRav. Особенностью программных продуктов этой компании для образования, таких как «SunRav BookOffice» или является, например, представление не только соединение Интернет-ресурсов с электронными обучающими курсами и учебниками с, но и предоставление элементарного доступа к связанным с образованием службами, например, к электронной библиотеке.

Для контроля знаний студентов медицинского колледжа в программном продукте «SunRav BookOffice» нами были использованы тесты. Они были нами использованы самостоятельно, т.е. они не включались в структуру электронных учебных материалов. Тесты использованы как упражнения для промежуточной оценки усвоения материала студентами по предмету «Медицинское обеспечение». А также или в качестве аттестации для итоговой проверки знаний (с выставлением оценки) после прохождения части обучения по данному предмету. Самостоятельно тесты были использованы для выяснения уровня знаний обучающегося перед началом обучения, а также или в качестве итоговой аттестации после завершения обучения.

Для оценки результатов тестирования в «SunRav BookOffice» нами была задействован модуль выставления оценок по каждому вопросу. Поскольку для различных целей обучения применялись различные методы оценки, использовалась возможность использовать любых шкал оценок: от двузначной (зачет/незачет) до процентной (выставляется процент "правильности" ответа на вопрос). Также нами был использован модуль программы, позволяющий преобразовывать оценки из одной шкалы в другую и обратно по устанавливаемым правилам.

«SunRav BookOffice» позволяет анализировать качество используемых тестов по ряду параметров: количество верных/неверных ответов на вопросы, затраченное на ответы время, оценка качества дистракторов и других. Для этого использовался отчет «Статистика ответов на вопросы».

В комплексе «SunRav BookOffice» подведение результатов работы курсанта и выведение итогового отчета можно настраивать по целому ряду разных параметрам. Здесь можно рассчитать:

- процент правильных ответов,
- соотношение неправильных ответов к правильным или заданным,
- суммирование баллов (каждому ответу как неправильному, так и правильному можно присвоить свой коэффициент сложности).

Кроме всего, в «SunRav BookOffice» представлена возможность создания, так называемых адаптивных тестов, в которых переход к следующим заданиям происходит в зависимости от количества правильных ответов на предыдущие. Такая функция особенно полезна и соответст-

венно востребована при разработке тестов, применяемых для создания обучающих курсов и электронных учебников.

Таким образом, специализированные продукты фирмы «SunRay» для образовательной сферы имеют обширные вспомогательные возможности, способствующие организации электронного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Haq H.* In South Korea, all textbooks will be e-books by 2015 [Электронный ресурс] / *H. Haq* // *The Christian Science Monitor*. 6 July 2011. URL: <http://www.csmonitor.com/Books/chapter-and-verse/2011/0706/In-South-Korea-all-textbooks-will-be-e-books-by-2015> (дата обращения: 05.03.2019).
2. *Аккуратов Е.Г.* Электронные учебники и базы данных за рубежом: перспективы использования [Текст] / *Е.Г. Аккуратов* // *Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 12.* Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 324-329.
3. *Аккуратов Е.Г.* Информационно-поисковая система Paperchase [Текст] / *Е.Г. Аккуратов*; Ярославская государственная медицинская академия. Ярославль, 2006. 24 с. Библиогр: с. 23-24. Деп. в ВИНТИ 04.12.2006, № 1502-B2006.
4. *Millar M., Schrier T.* Digital or Printed Textbooks: Which do Students Prefer and Why? [Электронный ресурс] / *M. Millar, T. Schrier* // *J. Theaching Travel Tourism*. 2015. Vol. 15, N 2. P. 166-185. PDF. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15313220.2015.1026474> (дата обращения: 05.03.2019).
5. *Аккуратов Е.Г.* Кроссплатформенная модель обучения [Текст] / *Е.Г. Аккуратов* // *Интеграция наук*. 2018. № 4 (19). С. 359-361.

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ SUNRAV TESTOFFICEPRO

И.С. Сазонов, Е.Г. Аккуратов

Научный руководитель – **Е.Г. Аккуратов**, д-р биол. наук,
преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

В работе представлен новый подход к обеспечению качества процессов тестирования знаний, ориентированный на выполнение требований международных стандартов в области электронного обучения и использование возможностей отечественного продукта "SunRav TestOfficePro".

Ключевые слова: электронное тестирование, качество процессов, знания, оценка квалификаций, электронное обучение.

COMPUTER TESTING CAPABILITIES ON THE EXAMPLE OF THE PROGRAM SUNRAV TESTOFFICEPRO

I.S. Sazonov, E.G. Akkuratov

Scientific Supervisor – **E.G. Akkuratov**, Doctor of Biological
Sciences, Teacher

Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense

The paper presents a new approach to ensuring the quality of knowledge testing processes, focused on meeting the requirements of international standards in the field of e-learning and using the capabilities of the domestic product "SunRav TestOfficePro".

Keywords: electronic testing, quality of processes, knowledge, qualification assessment, e-learning.

Тестовые испытания в педагогической практике как способ обучения и проверки знаний используются довольно давно. Сам термин тест, переводе с английского перевода, значит – контроль, испытание. Собственно, под проведением тестирования нужно понимать опрос: это набор

вопросов с предложенными вариантами ответов, из которых обучающийся должен выбрать один или несколько правильных.

Предлагаемые задания могут быть в распечатанном виде или устными, но на текущем этапе развития общества обеспечение учебных учреждений и компаний компьютерами находится на достаточно высоком уровне, и этого вполне достаточно для того, чтобы проводить аттестации, различного вида тестирования с помощью современных средств вычислительной техники.

Известно, что главное преимущество компьютерного тестирования – практичность использования, уменьшение трудозатрат, отсутствие ошибок при анализе результатов (у персональных ЭВМ не бывает снижения внимательности по фактору усталости). В дополнении к этому нужно отметить, что дистанционное обучение, потребность к которому постоянно растет, без использования специализированного программного обеспечения невозможно представить.

Из слабых мест компьютерного тестирования нужно назвать сложность формулировки решений на вопросы по областям знаний, связанными с общими закономерностями развития мироздания, общества (история, мировоззрение, медицина, некоторые разделы физики, биологии и т.д.), которым присущи неоднозначные ответы, и бинарной логики "нет/да" – не хватает. Кроме всего, с использованием компьютерного тестирования практически очень трудно оценивать знания по творческим предметам. Итак, контроль знаний и практических навыков в ряде областей естественнонаучных, гуманитарных, общественно-политических предметов вне прерогативы тестирования. Для этой цели существуют другие методы оценки [1, 2].

Слабое место любого тестирования, опосредованно относящийся к вышеизложенным положениям, – это то, что испытуемые «подсаживаются» на готовые формулировки, и упускают (не приобретают) способность грамотно и свободно объяснять свои мысли. С другой стороны, люди, не умеющие говорить, в конечном итоге оказываются в одинаковых условиях с "ораторами".

Иногда испытуемые просят убрать "излишнюю объективность" компьютерной программы для тестирования, подразумевая, что при устном испытании преподаватель может выбрать (или подобрать) сложность предлагаемых вопросов с учетом уровня подготовки опрашиваемого, что практически нельзя сделать при использовании компьютерного тестирования [3]. Нужно ли устранять такой недостаток, трудно сказать.

Нужно отметить, существующие изъяны компьютерного тестирования, существующие в целом ряде программ, с успехом устраняются в "SunRav TestOfficePro". Нужно отметить некоторые из них.

К недостатку компьютерного тестирования нередко причисляют определенную негибкость итоговой оценки.

В комплексе "SunRav TestOfficePro" подведение результатов работы испытуемого и выведение итогового отчета можно настраивать по целому ряду разным параметрам. Здесь можно рассчитать:

процент правильных ответов,
соотношение неправильных ответов к правильным или заданным,
суммирование баллов (каждому ответу как неправильному, так и правильному можно присвоить свой коэффициент сложности).

После того как все закончили тестирование, преподаватель может:

Просмотреть результат тестирования любого участника. При этом для преподавателя будет доступна исчерпывающая информация: дата и время тестирования; кол-во заданных и отвеченных вопросов; кол-во правильных ответов и набранных баллов; процент правильных ответов. Кроме того, доступны тексты всех заданных вопросов и ответов пользователя.

Создать отчет по группе или группам тестируемых. Такой отчет позволяет в сжатом табличном виде просмотреть все результаты тестирования. Созданный отчет может быть экспортирован в формат таблиц MS Excel для дальнейшей статистической обработки, а также – во множество других популярных форматов, таких как: HTML, XML, CSV, MS WORD.

Таким образом, преподаватель полностью освобождается от анализа ответов – ему остается лишь узнать их оценки.

Кроме всего, в "SunRav TestOfficePro" представлена возможность создания, так называемых адаптивных тестов, в которых переход к следующим заданиям происходит в зависимости от количества правильных ответов на предыдущие. Такая функция особенно полезна и соответственно востребована при разработке тестов, применяемых для создания обучающих курсов и электронных учебников.

В заключении нужно отметить, что определенная трудоемкость на первом этапе – создание базы тестов, внедрение компьютерного тестирования в учебный процесс – имеет краткосрочный характер, а проблемы методологического плана легко можно устранить с использованием современных программных средств, таких как "SunRav TestOfficePro".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабенко Е.В.* Проектирование системы электронного тестирования знаний обучающихся в среде "1С: Электронное обучение. Конструктор курсов" [Текст] /

- Е.В. Бабенко, П.Е. Овчинников // Новые информационные технологии в образовании. М.: ООО "1С-Паблишинг", 2017. С. 300–303.
2. Позднеев Б.М. Разработка функциональных моделей для создания электронного портфолио и независимой оценки квалификации [Текст] / Б.М. Позднеев // Новые информационные технологии в образовании: сборник научных трудов 17-й Международной научно-практической конференции "Новые информационные технологии в образовании" (31 января–1 февраля 2017 г.) / – Под общ. ред. Д.В. Чистова. Ч. 2. М.: ООО "1С-Паблишинг", 2017. С. 284–288.
3. Аккуратов Е.Г. Электронные учебники и базы данных за рубежом: перспективы использования [Текст] / Е.Г. Аккуратов // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 12. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 324-329. Библиогр: с. 329.
4. Аккуратов Е.Г. Информационно-поисковая система Paperchase [Текст] / Е.Г. Аккуратов; Ярославская государственная медицинская академия. Ярославль, 2006. 24 с. Библиогр: с. 23-24. Деп. в ВИНТИ 04.12.2006, № 1502-B2006.
5. Аккуратов Е.Г. Кроссплатформенная модель обучения [Текст] / Е.Г. Аккуратов // Интеграция наук. 2018. № 4 (19). С. 359-361.

УДК 371

РЕШЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ

А.В. Быстрова

Научный руководитель – **В.Ф. Шевчук**, д-р пед. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проектная деятельность школьников при формировании деловых предпринимательских навыков в образовательном проекте «В деле».

***Ключевые слова:** образовательный проект «В деле», проектная деятельность школьников*

THE OPEN CREATIVE TASKS WITH USE OF THE TRIZ TOOLS SOLUTION

A.V. Bystrova

Scientific Supervisor – **V.F. Shevchuk**, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The project activity of pupils at formation of business entrepreneurial skills in the educational project "in business" is considered.

***Keywords:** Educational project "in business", the project activity of school-children.*

В программе мероприятий Всероссийского молодежного инновационного форума «**МИФ – junior 2018**» (15.10.2018 – 30.12.2018) был реализован проект «Решение открытых творческих задач с использованием инструментов ТРИЗ» (автор проекта – А.Е. Смирнова, руководитель проекта – А.В. Быстрова).

Цель МИФ junior - создание коммуникационной площадки для привлечения школьников с 8 по 11 класск инновационной и научно-технической деятельности.

Основные задачи форума:

- выявление и поощрение активных и одаренных молодых людей;

- поддержка инновационных и перспективных проектов в области предпринимательства;
- формирование среды, способствующей созданию устойчивых контактов между молодыми предпринимателями, потенциальными инвесторами и другими участниками бизнес-процессов;
- продвижение молодежного предпринимательства;
- содействие в реализации наиболее перспективных бизнес-идей;
- создание условий для взаимодействия молодых предпринимателей друг с другом в целях обмена опытом и развития совместных бизнес-проектов;
- создание условий для общения молодых предпринимателей с действующими бизнесменами, экспертами и представителями органов государственной власти, занимающимися развитием экономики Ярославской области.

Для участия в форуме школьники должны представить экспертной группе описание своего проекта, (какие ресурсы необходимы для реализации проекта, какие проблемы поможет решить данный проект и др.) На почту руководителя проекта А.В. Быстровой (alla.bogdanova.90@mail.ru) необходимо направить описание себя, своих достижений, целей и т.д., а также представить описание своего проекта в формате, выбранном школьником (текстовый файл, презентация и др.). Проект должен быть *практико-ориентированным*.

Принципы ведения занятий на форуме основаны на понимании того, что в настоящее время необходимо создать среду, которая бы мотивировала учащихся самостоятельно добывать, обрабатывать информацию, обмениваться ею, а также быстро и свободно ориентироваться в окружающем информационном пространстве. При этом, учебный процесс важно сделать более интересным, раскрыть значение получаемых знаний и их практическое применение в жизни. На занятиях участникам была представлена адаптивная под их возраст информация о создании, развитии своих проектов, поскольку в форуме возрастная категория достаточно широкого диапазона. И важно, чтобы предлагаемая спикерами, экспертами информация была интересна как 8-класснику, так и 11-класснику.

Основной метод обучения на форуме - диалог, речевое общение партнеров. Реальное общение предполагает общение между равными субъектами. Важно, чтобы у школьников была возможность находиться в окружении успешных, выдающихся людей, общаться с ними открыто, задавать интересующие их вопросы и получать в ответ искреннюю заинтересованность, честные ответы, непредвзятое отношение, поддержку и признание. На практических занятиях форума участники имеют возможность задавать вопросы спикерам, экспертам. Каждое занятие на форуме

носит проблемно-поисковой характер. Участники форума находят ответы на поставленные вопросы вместе с экспертами, тем самым, являются равноправными субъектами процесса приобретения знаний.

На занятиях форума присутствует тьютор, который наблюдает за каждым участником, при необходимости, помогает ему определиться с целью участия в проекте. Определить, в соответствии с индивидуальными целями каждого участника форума, индивидуальные образовательные траектории, согласно возможностям и потребностям участников.

На форуме занятия проводит психолог, который помогает с определением тех проблем, которые могут возникнуть у участников с определением своего проекта, его дальнейшем развитием и др.

На форуме у участников есть возможность посещения один или два раза в неделю компании-партнеров, изучая, каким образом производственное окружение влияет на инновации. Общаются с руководителем компании, сотрудниками, изучают, каким образом в организации осуществляется поддержка инновационных проектов, какой стиль руководства применяется в данной организации. Эти и другие вопросы заранее определяются в списке вопросов (с учетом мнения участников форума), на которые участники должны получить ответ за все время прохождения стажировки. Кроме того, участники форума знакомятся с деятельностью крупнейших компаний Ярославской области, определяясь, в том числе, с выбором дальнейшего профессионального пути. По итогу прохождения стажировки, руководители компании могут составить рекомендательное письмо на участника, который был больше всех заинтересован в изучении деятельности компании, в дальнейшем, могут быть, оформлены трудовые взаимоотношения (при достижении участником форума минимального возрастного порога для осуществления трудовой деятельности, и при наличии соответствующих условий организации труда в организации, а также наличия иных необходимых условий, в соответствии с действующим российским законодательством).

В обозначенное время, раз в месяц, проводится собрание с участниками форума на предмет решения разного рода организационных вопросов, обсуждение пройденного материала, определение и уточнение целей участия каждого ребенка на форуме, обсуждение пройденных стажировок в организациях-партнерах.

Важно определить цель присутствия каждого школьника на форуме, и помочь направить их на собственное движение к поставленной цели. Задача экспертной группы и спикеров состоит не в том, чтобы выполнить обозначенный план образовательной программы, прочитать лекции и передать знания о создании и развитии собственного бизнес-проекта в «готовом виде», а научить участников форума учиться, искать креатив-

ные решения, инновационные подходы при решении задач. Научиться работать с имеющейся информацией.

Самым действенным сертификатом может быть набор личных, именных рекомендаций от тех, у кого проходили обучение участники форума. После выполнения всех заданий, прохождения практических занятий образовательного этапа, каждому участнику очного этапа форума выдается рекомендательное письмо, в котором указываются сильные стороны участника, выявленные экспертами на занятиях.

Победитель проекта получает возможность реализации собственного проекта за счет средств венчурного инвестора и команды, сформированной под проект победителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 295 (ред. от 31.03.2017) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие образования" на 2013-2020 годы".
2. Развитие творческого мышления: Учебное пособие для старшеклассников / П.В. Сурков, Л.М. Суркова, Е.В. Ефремова и др.; науч. рук. П.В. Сурков. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2015. 112 с. (Серия «Теория решения изобретательских задач»).
3. *Быстрова А.В.* Проектная деятельность школьников при формировании деловых, предпринимательских навыков (образовательный проект «В деле») / А.В. Быстрова, В.Ф. Шевчук // Материалы 71 Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018.

УДК 378.1:004

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО
ПРОЦЕССА ВУЗА
(НА ПРИМЕРЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ
ЯРОСЛАВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА)**

Т.В. Ермолова, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – **Н.О. Герасимова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается роль библиотеки вуза в системе высшего образования, а также возможность использования информационно-образовательных ресурсов. Определены факторы, влияющие на использование электронно-библиотечных систем в учебном процессе.

Ключевые слова: электронные ресурсы, электронная библиотека, информационно-образовательная среда.

**INFORMATION SUPPORT OF THE EDUCATIONAL
PROCESS OF THE UNIVERSITY (THROUGH THE EXAMPLE
OF SCIENTIFIC LIBRARY OF YAROSLAVL STATE
TECHNICAL UNIVERSITY)**

T.V. Ermolova, N.O. Gerasimova

Scientific Supervisor – **N.O. Gerasimova**, Senior Leturer

Yaroslavl State Technical University

The role of the University library in the system of higher education, as well as the possibility of using information and educational resources is considered. The factors influencing the use of electronic library systems in the educational process are determined.

Keywords: electronic resources, electronic library, information and educational environment.

Информатизация в вузе охватывает все направления деятельности: учебный процесс, научные исследования, сферу управления.

В библиотеки вузов активно внедряются электронно-библиотечные системы с целью предоставления студентам и сотрудникам доступа к учебной, нормативной, справочной литературе, как в стенах учебных заведений, так и удалённо.

Отсюда вытекает главенствующая роль библиотеки в системе высшего образования – умение объединить многообразие ресурсов в единую информационно-образовательную среду.

Научно-техническая библиотека Ярославского государственного технического университета (НТБ ЯГТУ) - крупнейшая техническая библиотека города и вуз имеет гарантированную возможность максимально полного обеспечения профессорско-преподавательского состава, аспирантов, докторантов и студентов учебной, учебно-методической литературы и иными информационными ресурсами.

На сегодняшний день в библиотеке ЯГТУ сложился перечень подписных полнотекстовых электронных ресурсов, которые можно разделить на следующие категории:

- электронные библиотечные системы,
- коллекции журналов российских и зарубежных издательств,
- правовые базы данных, информационные и новостные системы.

Фонд электронной библиотеки формируется из двух источников:

- электронные документы, создаваемые в библиотеке, (здесь собраны издания ученых нашего университета: монографии, научные статьи, методические материалы).

- закупаемые электронные ресурсы, содержащие электронные документы. Это фонд сетевых удаленных электронных информационных ресурсов. Он включает в себя все электронные ресурсы, приобретаемые университетом.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к «Электронной библиотеке ЯГТУ» http://corv.ystu.ru:39445/megarpo/Web_2, а также к электронно-библиотечным системам, с которыми заключен договор по предоставлению доступа к электронным изданиям, правомерно опубликованным и размещенным в ЭБС в соответствии с российским законодательством.

НТБ ЯГТУ предоставляет доступ к электронно-библиотечным системам:

- Отечественным: «ibooks.ru», «НЭБ: Национальная электронная библиотека», «Юрайт», «Консультант студента», «IPR-books», «Библиокомплектатор», «Elibrogy», «ВИНИТИ РАН» и ряд других.

- Зарубежным – электронные ресурсы издательства «Springer», «Thieme Chemistry Package», «Scopus», «Web of Science» и др.

Главным вопросом для библиотеки сегодня является не только формирование полноценной ресурсной базы электронной библиотеки, но и организация удобного доступа к этим ресурсам для пользователей.

Если навыками работы с книгой пользователи владеют с детства, то правилами пользования лицензионными электронными библиотеками, условиями доступа к ним и умением работать в них, владеют немногие.

Можно определить факторы, влияющие на использование ЭБС:

- наличие знаний об ЭБС и ее возможностях по удовлетворению профессиональных, учебных информационных потребностей;

- наличие необходимых технических условий (персонального технического устройства с подключением к Интернет: компьютер, ноутбук, планшет, телефон и т. д.);

- отсутствие дискомфорта при восприятии электронных текстов;

- наличие технологических навыков;

- наличие устойчивой мотивации по удовлетворению информационных потребностей посредством ЭБС;

- степень удовлетворенности сервисом и содержанием системы.

Одним из наиболее востребованных направлений работы НТБ ЯГТУ является консультирование и обучение пользователей работе с лицензионными электронными информационными системами и электронными библиотеками. Сотрудники библиотеки НТБ ЯГТУ используют как индивидуальные, так и групповые формы обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нильга В.В.* Информационные ресурсы библиотеки тихоокеанского государственного университета в электронной информационно-образовательной среде вуза [Текст] / В.В. Нильга, О.Г. Степанова // Современные тенденции развития библиотечно-информационных технологий: материалы VII региональной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Тихоокеанского государственного университета. 2018. С. 35-43.

2. *Моковая Т.Н.* Электронные ресурсы в библиотеке вуза: пути взаимодействия и развития [Текст] / Т.Н. Моковая // Культурное пространство Восточной Сибири и Монголии: региональные особенности и международное сотрудничество: материалы VII международной научно-практической конференции / Отв. ред. Е.Ю. Перова. 2017. С. 421-428.

3. *Кудряшова В.С.* Информационная поддержка учебной и научной деятельности вуза [Текст] / В.С. Кудряшова, С.В. Кормакова // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 5. С. 55-57.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБИНАРОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А.М. Ершова, А.Н. Исаев

Научный руководитель – **А.Н. Исаев**, канд. пед. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается понятие вебинара, основные требования и площадки для участия в веб-конференциях. Объясняются способы применения вебинаров в учебном процессе.

Ключевые слова: вебинар, онлайн-семинар, веб-конференция, сервис, платформа.

APPLICATION OF WEBINARS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

A.M. Ershova, A.N. Isaev

Scientific Supervisor – **A.N. Isaev**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the concept of a webinar, the basic requirements and sites for participation in web conferences. Explains how to use webinars in the learning process.

Keywords: webinar, online seminar, web conference, service, platform.

Вебинар (синонимы webinar, онлайн-семинар, веб-конференция) – это онлайн-аналог традиционных форм обучения — лекции и семинара. Он представляет собой проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме онлайн.

Классификация вебинаров представлена в табл. 1.

Таблица 1. Классификация вебинаров

Критерий классификации	Типовой признак
По стоимости	Платные
	Бесплатные
По использованию технических средств	Без презентации (только аудио формат речи ведущего)
	С презентацией (видео формат без изображения ведущего)
	Комбинированные
По типу общения	С чатом (видео чат совместно с голосовым чатом и «печатный» чат
	Без использования чата
По структуре	Только форма вебинара
	Вебинар одновременно с семинаром

Для участия в вебинаре слушателям необходимо иметь доступ в интернет и гарнитура (наушники, микрофон). Ведущим вебинаров нужны доступ в Интернет, web-камера, гарнитура и платформа для проведения вебинаров [2].

В учебном процессе вебинары можно использовать для:

- объяснения правил и порядка выполнения контрольных, курсовых и иных письменных работ;
- проведения консультаций по выполнению письменных работ, перед итоговой аттестацией слушателей;
- разъяснения алгоритма решения различных задач или кейс-стади на практических (семинарских) занятиях;
- демонстрации обучающих роликов из сети Интернет на лекциях;
- проведения вебинаров по тематике учебного (научного) подразделения со сторонними пользователями;
- предоставления ссылок на вебинары для индивидуального просмотра. [3]

Рассмотрим использующиеся для проведения вебинаров веб-сервисы и программы.

Самыми популярными площадками для проведения вебинаров являются:

1. **Webinar.ru** - платный сервис для организации вебинаров.

Площадка является лидером на рынке. Она позволяет присоединять до 8 спикеров одновременно и проводить онлайн-вещание для аудитории размером до 10 000 человек. Все материалы транслируются в HD-качестве, что улучшает зрительное восприятие материала. Работает на всех устройствах и операционных системах. Поддерживается любыми браузерами.

2. **Skype** - бесплатное программное обеспечение с закрытым кодом, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через Интернет между компьютерами.

Основными достоинствами являются:

- Бесплатный сервис;
- Возможность совершения звонка на стационарные и мобильные телефоны;
- Не требует установки программного обеспечения, работает с любой операционной системой и на всех типах устройств;
- Демонстрация рабочего стола;
- Общий чат.

3. **Youtube** - видеохостинговый сайт, предоставляющий Пользователям услуги хранения, доставки и показа видео.

Сервис Youtube Live удобный и бесплатный. Сегодня у многих на слуху сервис Youtube Live, как доступная площадка для онлайн-встреч, конференций, звонков, чата и видео-трансляций. Но для проведения полноценных вебинаров, платных и закрытых обучающих онлайн-мероприятий (со всеми необходимыми инструментами для ведущего) его функционал недостаточно сильный.

4. **Google Hangouts** (Гугл Хэнгаутс) – программное обеспечение от известного мирового бренда Google.

Hangouts предназначен для работы на таких платформах как: PC, то есть обыкновенных компьютерах, Android, iPad, iPod Touch, iPhone. [9]

Также существует множество менее популярных площадок для вебинаров, таких как: Russian Webinar, Go To Meeting, Cisco WebEx, Adobe Connect, DimDim, Open Meetings, Mikogo, виртуальный класс WebSoft, онлайн сервис My Own Conference и др.

Площадок существует множество, как платных, так и бесплатных, с большим разбросом по функциональным возможностям и набору технических характеристик. Поэтому изначально следует задать некоторые параметры обзора, чтобы не запутаться в сотнях показателей и мелких отличий. [3]

В табл. 2 представлена оценка платформ для проведения вебинара по ряду критериев: цена, функциональные возможности и пр.

Таблица 2. Сравнение самых популярных платформ для проведения вебинаров

		Webinar.ru	Skype	Youtube	Hangouts
1	Цена в месяц	3995р-11995р	Бесплатно	Бесплатно	Бесплатно
2	Пробный период	Есть бессрочный	-	-	-
3	Число участников	От 10 до 300 человек	До 25, при использовании камеры до 10	До 15	До 10
4	Возможность записи	Да	Нет	Да	Нет
5	Создание опросов и тестов	Да	Нет	Да	Нет
6	Мобильные версии в AppStore и GooglePlay	Да	Да	Да	Да
7	Чат	Да	Да	Необходимо иметь аккаунт в Google	Да

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калинина С.Д.* Предпосылки использования дистанционных образовательных технологий в системе высшего профессионального образования // Педагогическое образование в России. 2015. № 1. С. 11– 15.
2. *Раицкая Л.К.* Учебно-познавательная деятельность студентов в информационно-образовательной среде Интернет: Учебно-методическое пособие. М.: МГОУ, 2012. 144 с.
3. *Фролов Ю.В.* Подготовка и проведение вебинаров: Учебно-методическое пособие для преподавателей, студентов и слушателей системы повышения квалификации. М.: МГПУ, 2011. 30 с.

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ В SUNRAV TESTOFFICEPRO И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКАХ

А.А. Кутузова, А.Н. Исаев

Научный руководитель – **А.Н. Исаев**, канд. пед. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается возможность использования программ SunRav Test OfficePro и SunRav Book Office. Показываются способы их взаимодействия.

***Ключевые слова:** тестирование, электронный учебник, программы для создания тестов и электронных книг SunRav Software.*

TASKS TEST DEVELOPMENT BY SUNRAV TESTOFFICEPRO AND THEIR APPLICATION IN ELECTRONIC TEXTBOOKS

A.A. Kutuzova, A.N. Isaev

Scientific Supervisor – **A.N. Isaev**, Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper discusses the possibility of using the SunRav TestOfficePro and SunRav BookOffice programs. The ways of their interaction are discussed..

***Keywords:** testing, electronic textbook, programs for creating tests and electronic books SunRav Software.*

На современном этапе развития образовательного процесса все больше набирает обороты использование электронных учебников (ЭУ), отодвигая печатные варианты изданий на второй план. Замена печатных изданий электронными происходит по нескольким причинам. Первая из причин – это доступность. В настоящее время большинство изданий соз-

дают, помимо печатных выпусков, еще и электронный вариант издания, который доступен в сети. Другие из причин – это эргономичность и экономичность. Удобство использования электронных учебников состоит в том, что отпала необходимость носить с собой печатный вариант издания. Использование современных гаджетов и виртуальных хранилищ упростило и облегчило способы хранения и транспортировки необходимой информации.

Внедрение электронных учебников в образовательный процесс имеет ряд положительных аспектов. Электронный учебник является дополнительным средством передачи образовательного материала, отличающимся от обычного учебника, так как сделан непосредственно с использованием информационных технологий [1].

SunRay BookOffice представляет собой пакет программ, предназначенных для создания и чтения электронных учебников или книг. Информацию можно передать в доступном и понятном виде, используя мультимедийные средства: анимацию, изображения, аудио и видео ролики. SunRay BookOffice внесен в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Данный программный продукт состоит из двух программ: SunRay BookEditor и SunRay BookReader.

SunRay BookEditor подходит для написания и редактирования электронных учебных пособий, справочников, методических пособий и другой компьютерной документации. Сочетает в себе легкость использования и широкие возможности работы с информацией. SunRay BookReader предназначен для просмотра электронных книг и учебников. С этой бесплатной программой можно распространять электронные книги на CD и DVD дисках, устанавливать на компьютер пользователя какие-либо программы не требуется [2].

Педагогическое тестирование – широко используемый метод контроля знаний и оценки результатов обучения. Применяется для определения уровня знаний, для обучения, для мотивации на обучение. При массовых проверках и самоподготовке наиболее эффективна компьютерная форма тестирования. Именно при компьютерном тестировании легко одновременно с проверкой проводить коррекцию знаний. После каждого неверного ответа программа отправляет учащегося к блоку нужной ему информации. Для педагогического контроля полезна дополнительная информация, например, подробный отчет по каждому тестируемому – какие вопросы получил учащийся, сколько времени потратил на отдельный ответ, какой ответ выбрал. Очень важны в процессе тестирования как качественные тестовые задания и учебный материал, так и профессиональные программные продукты.

SunRav TestOfficePro дает возможность легко создавать и применять тесты по любым академическим дисциплинам, предметам школьной программы, тесты для определения профессиональной компетенции, аттестации персонала, психологические тесты.

В программу входят:

– tMaker – программа для создания тестов. Возможно сопровождение вопросов и ответов изображением, анимацией, аудио и видео роликами. Составлять и редактировать тесты в этой программе может пользователь компьютера с любым уровнем подготовки. Доступен импорт тестов, созданных в текстовом редакторе (например, в MS Word) или редакторе электронных таблиц (например, в MS Excel).

– tTester – программа для проведения тестирования. Имеет максимально простой интерфейс. Обширные настройки и параметры командной строки позволяют приспособить ее работу под любые требования.

– tAdmin – программа для управления пользователями и обработки результатов компьютерного тестирования. Дает возможность просматривать/печатать результаты, а также создавать, редактировать, экспортировать, печатать отчеты по тестированию групп и/или отдельных пользователей. Возможно создание матрицы ответов.

Составить тесты для любых целей, самых разных типов и видов помогут следующие функции программы: многообразие типов вопросов – одиночный выбор, множественный выбор, открытый вопрос, соответствие, упорядоченный список; адаптивность тестов – Порядок следования вопросов может быть не только линейным, но и зависеть от ответов пользователя; использование тем – программа может разбить тест на несколько тем, оценивать знания можно как по каждой теме в отдельности, так и по тесту в целом; различные варианты реакций на ответ пользователя; вес вопроса и вариантов ответа; визуализация информации – программа позволяет вставлять изображения, формулы, схемы, таблицы, аудио и видеофайлы, HTML документы и любые OLE документы. Встроенный в tMaker текстовый редактор для написания тестов по функциям напоминает привычный многим MS Word [3].

Важная особенность выбранных программ – совместная работа. В учебник, созданный в SunRav BookEditor, могут встраиваться тесты, разработанные в SunRav TestOfficePro. Таким образом, на выходе получается обучающая система, включающая образовательную и контролирующую части, позволяющая использовать ее для самостоятельного получения знаний и самоконтроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ибрагимов К.И.* Использование электронного учебника «Объектно-ориентированное программирование» в образовательном процессе [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал: [сайт]. URL: <https://research-journal.org/pedagogy/ispolzovanie..> (дата обращения: 16.03.2019).
2. Программа для создания книг и учебников: [сайт]. URL: <https://www.sunrav.ru/bookoffice.html>
3. Программа для создания тестов: [сайт]. URL: <https://www.sunrav.ru/testofficepro.html>
4. *Щапов А.Н.* Рейтинг и тесты в системе оценки знаний студентов: учебно-метод. Пособие / А.Н. Щапов, Г.А. Урванцева. 2-е изд., перераб. и доп. Ярославль: Яросл. гос. мед. академия, 2002. 60 с.

ВВЕДЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ

Е.Н. Еремеева¹, А.И. Петров²

Научный руководитель – **А.И. Петров**, учитель

¹Ярославский государственный технический университет
²Муниципальное общеобразовательное учреждение «Лицей № 86»

Данная статья посвящена проблемам современного технологического образования. Рассмотрен «разрыв» между школой и реальной жизнью. В статье предложены возможные пути решения данных проблем через изучение аддитивных технологий в школе.

Ключевые слова: аддитивные технологии, школа, производство, образование

THE INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PREPARATION OF SCHOOLCHILDS

E.N. Ereemeeva¹, A.I. Petrov²

Scientific Supervisor – **A.I. Petrov**, Teacher

¹Yaroslavl State Technical University
²Municipal educational institution "Lyceum № 86"

This article is devoted to the problems of modern technological education. The "gap" between school and real life is considered. The article suggests possible ways to solve these problems through the study of additive technologies in school.

Keywords: additive technologies, school, production, education.

Общий кризис образования, связанный с противоречием между высокими темпами изменения всех сфер человеческой деятельности и инерционностью образовательной системы, является неперенным атрибутом переходного этапа между технологическими укладами.

Для доказательства данного высказывания можно использовать результаты недавнего исследования ВЦИОМ [1]. Всероссийский центр изучения общественного мнения представляет данные исследования о том, какие предметы, изучаемые в школьной программе, кажутся нашим согражданам полезными, а какие – нет. Так, самыми полезными школьными предметами россияне считают математику (72% респондентов), русский язык (64%) и историю (38%), которые в свою очередь не несут никакой практической значимости. А что касается предмета «технология», то он занимает в этом рейтинге почти последнее место (3%).

При этом можно также привести результаты другого исследования, проведенного Фондом изучения общественного мнения, о качестве школьного образования (рис. 1) [2]. Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что граждане нашей страны видят необходимость в знаниях и навыках, которые могут пригодиться в реальной жизни. Результаты данных социологических исследований наглядно демонстрируют нам противоречие, возникшее в результате перехода от одного технологического этапа к другому.

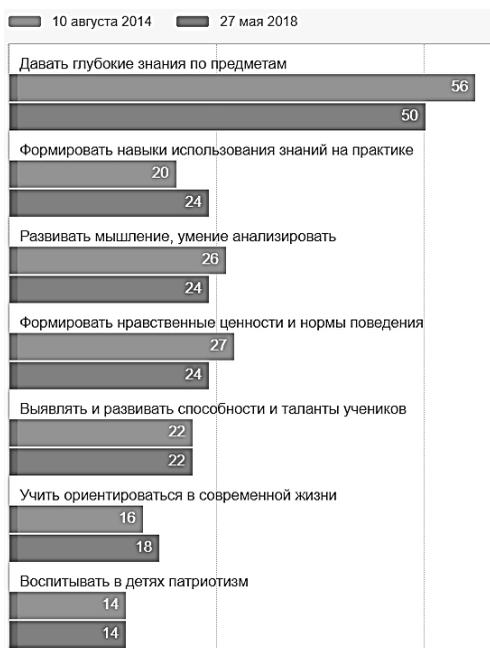


Рис. 1. Ответы респондентов на вопрос: «Какие задачи, на ваш взгляд, должны решать школы в первую очередь?»

На сегодняшний день у школ нет точных ориентиров, в каких кадрах и с какими компетенциями нуждается современная промышленность. Школьная деятельность остается замкнутой «в себе», а значит, приобретенный школьниками опыт не будет использован в реальной профессии, на реальном производстве, в научных лабораториях.

Изучение школьниками заведомо устаревших технологий приводит к будущему тормозу развития промышленности страны. Необходимо внедрять в школьное технологическое образование современные методы обработки и получения материалов, а также «актуальные» технологии промышленного производства продукции. Для этого есть все возможности, если грамотно налаживать связи между школой и предприятиями, привлекать специалистов, работающих на реальном производстве.

Для возможного изучения «реальных задач производства» необходимо создание мотивирующей информационно-образовательной среды, которая включает в себя: актуальное программное обеспечение, востребованное на сегодняшний момент в производственной сфере; современное технологическое оборудование, которое позволяет воочию изучить современные технологические линии; углубленную профориентационную работу.

Одной из современных бурно развивающихся технологий – является технология аддитивного производства. Многие ведущие компании Ярославского региона и Российской Федерации модернизируют свое производство и технологическую линию, внедряя инновационное оборудование. Поэтому изучение аддитивных технологий сегодня в школах, позволит подготавливать конкурентоспособных специалистов завтра, тем самым улучшая промышленный, а, следовательно, и экономический потенциал страны.

Изучение основ аддитивного производства в средней школе возможно в предмете «технология» в рамках всех разделов.

Согласно «Примерной основной образовательной программе основного общего образования» практические занятия курса технологии предусмотрены только в рамках внеурочной деятельности. Изучение аддитивных технологий тоже следует разделить на две группы: теоретический курс – в рамках уроков, и практический курс – в рамках внеурочной деятельности.

С внедрением изучения аддитивных технологий в рамках урочной деятельности в муниципальном общеобразовательном учреждении «Лицей № 86» увеличилось количество желающих изучать данный курс во внеурочной деятельности: с 5 человек (2016-2017 уч. год) до 24 (2018-2019 уч. год).

Ярославская область также активно поддерживает такое развитие интереса у обучающихся к аддитивным технологиям. Доказательством этому служат, появившиеся в 2018-2019 учебном году конкурсы такие как: «Межрегиональный молодежный турнир по аддитивным технологиям 3Dynamics», «Открытое первенство г. Ярославля по 3D-моделированию», «Региональный чемпионат «Профессионалы будущего» по стандартам JuniorSkills Ярославской области. Компетенция прототипирование», Региональный отборочный этап «Всероссийской олимпиады по 3D технологиям».

Помимо новых конкурсов, появившихся в данном учебном году, в рамках муниципального и регионального этапов впервые было введено 3D моделирование в рамках практического тура Всероссийской олимпиады школьников по технологии. Введение нового вида практического тура ознаменовало собой увеличения количества участников от лица №86 в данной олимпиаде.

Так как школьный курс технологии оканчивается в 8 (9) классе, то для обеспечения качественного непрерывного технологического образования школьников необходимо в рамках курса «Проектная деятельность» продолжить знакомство с современными технологиями производства и проводить лабораторные работы на современном оборудовании с целью отработки полученных умений.

В заключение следует отметить, что аналитики отрасли аддитивных технологий сходятся во мнении, что данный вид технологии ждет радужное будущее. Уже сегодня НИЦ, занимающиеся разработками в сфере аддитивного производства, получают огромные финансовые вливания.

Аддитивное производство – раздвигает границы проектирования!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Школьные предметы: что из них пригодится в реальной жизни? // <https://wciom.ru> URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=9578> (дата обращения: 10.03.2019).
2. Про школу // <https://fom.ru> URL: <https://fom.ru/Nauka-i-obrazovanie/14097> (дата обращения: 09.03.2019).
3. Федеральный государственный образовательный стандарт "Примерная основная образовательная программа основного общего образования" от 8.04.2015 № 1/15 // Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС). 2015.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОФОРИЕНТАЦИИ ДЕТЕЙ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДКИ «КИДБУРГ»

Д.А. Скоблова, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – **Н.О. Герасимова**, старший
преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается решение проблемы профориентации детей города Ярославля на примере площадки «Кидбург», где разработчики, учитывая потребности образовательных учреждений и особенности социума, обеспечивают максимальную разносторонность личности, превращают знания в профессиональный опыт.

Ключевые слова: профориентация детей, дополнительное образование, социальная адаптация, воспитание.

THE SOLUTION TO THE PROBLEM OF VOCATIONAL GUIDANCE OF CHILDREN IN THE CITY OF YAROSLAVL ON THE EXAMPLE OF THE SITE "KIDBURG»

D.A. Skoblova, N.O. Gerasimova

Scientific Supervisor – **N.O. Gerasimova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The solution of the problem of career guidance of children of the city of Yaroslavl on the example of the site "Kidburg", where the developers, taking into account the needs of educational institutions and the characteristics of society, provide maximum diversity of the individual, turn knowledge into professional experience.

Keywords: career guidance of children, additional education, social adaptation, education.

Сегодня, когда мир меняется быстро и динамично, требования к личности постоянно изменяются, поэтому школьнику необходимо как можно быстрее узнать что-то новое о себе, изучать окружающий мир, пробовать свои силы в творческой, изобретательской, спортивной и дея-

тельности, чтобы их потенциал был раскрыт полностью. Это в дальнейшем поможет быстрее определиться с выбором будущей профессии. В идеальной ситуации он должен быть активным, уметь быстро подстроиться под ситуацию, успешно ориентироваться в многообразии профессий и примерно определять, насколько его личностные качества подходят под выбранную специальность [1].

В Ярославле у ребят есть возможность познакомиться с различными профессиями и определиться с профессиональными интересами, все это реализует одна из самых популярный площадок в России «Кидбург».

Цель проекта :в благоприятной среде развивать лучшие качества ребенка, исходя из его интересов. Готовить к реальной жизни, превращая знания в опыт.

КидБург – это площадка, в котором реализованы декорации детского города. В городе есть здания — игротеки для проведения занятий: банк, пекарня, полиция, стройка и другие.

Разработчики решают одни и те же задачи, работая с самым драгоценным ресурсом нашей страны, при этом отдавая себе отчет в том, что наше будущее зависит от того, какой вклад мы делаем сейчас в наших детей. Дело здесь не только в объеме знаний и учебном инструментарии, но прежде всего в правильном воспитании и развитии. Это два главных вектора развития успешной системы образования в 21 веке. Именно по этим направлениям семья, образовательные учреждения и организации, работающие в сегменте дополнительного образования, должны действовать сообща.

Воспитание – это один из основных элементов образования (обществе, в семье, в педагогической деятельности). Важнейшей задачей воспитания является формирование у детей у него определенных взглядов и убеждений, подготовки к жизни, самостоятельности, нравственных ценностей, инициативности, культуры, толерантности, способности к социальной адаптации и активности, а также развитие склонностей и интересов [2].

Понятие «дополнительное образование» сейчас становится шире с каждым годом. Все чаще появляются различные концепции, которые в первую очередь направлены на развитие и воспитание школьников. Основной задачей данных концепций является развитие мотивации личности к познанию, именно такое образование позволяет удовлетворить все потребности детей и подростков (творческие и образовательные), а также помогает максимально самореализоваться, самоопределиться предметно, социально, профессионально, лично.

Это является подтверждением востребованности подобной формы образования в обществе.

Группа компаний «КидБург» является крупнейшим федеральным проектом, осуществляющим функции дополнительного образования. Все форматы, представленные в компании, нацелены на помощь семьям и образовательным учреждениям в воспитании и развитии детей.

В рамках проекта решаются такие задачи как:

1. Создание условий для свободного выбора каждым ребенком вида, направления и области деятельности;
2. Создание условий для быстрой адаптации в коллективе;
3. Обеспечение личностно-деятельностного характера образовательного процесса, способствующего развитию мотивации ребенка к познанию и творчеству, самореализации и самоопределению;
4. Создание «ситуации успеха» для каждого и обеспечение личностно-ориентированного подхода к ребёнку;
5. Создание условий для самореализации, самопознания и самоопределения, а также лидерских качеств;
6. Признание за ребёнком права на пробу и ошибку в выборе, права на пересмотр возможностей в самоопределении;
7. Применение прозрачных средств определения результативности продвижения ребенка в границах избранной им деятельности, которые помогут ему увидеть ступени собственного развития и будут являться стимулом этого развития, не ущемляя достоинства ребенка.

Во время разработки обучающих и развлекательных программ, методисты стараются максимально учитывать потребности образовательных учреждений и особенности социума, что позволяет обеспечивать максимальную разносторонность, уникальность, привлекательность и, в итоге, результативность обучения данного формата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соломин И.Л.* Ступени карьеры. Азбука профориентации / И.Л. Соломин, М.А. Бендюков. Издательство Речь, 2006. 240 с.
2. *Лукьянова М.И.* Моя профессия – детский психолог / М.И. Лукьянова. Издательство АРКТИ, 2007. 368 с.

РАЗРАБОТКА ДИДАКТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ АСТРОНОМИЯ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

А.М. Рыбникова, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – **Н.О. Герасимова**, старший
преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается создание дидактического обеспечения для средней общеобразовательной школы в связи с новыми требованиями Федерального Государственного Образовательного Стандарта.

***Ключевые слова:** астрономия, средняя школа, стандарт, Федеральный Государственный Образовательный Стандарт.*

DEVELOPMENT OF DIDACTIC PROVISION IN THE DISCIPLINE OF ASTRONOMY FOR SECONDARY SCHOOL

A.M. Rybnikova, N.O. Gerasimova

Scientific Supervisor – **N.O. Gerasimova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This paper discusses the creation of didactic support for secondary school in connection with the new requirements of the Federal State Educational Standard.

***Keywords:** astronomy, secondary school, standard, Federal State Educational Standard.*

Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 июня 2017 года № 506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, утвержденный приказом Министерства образования Российской Федерации от 5 марта 2004 г. № 1089» внесены изменения в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального обще-

го, основного общего и среднего (полного) общего образования. С сентября 2017 года учебный предмет «Астрономия» является обязательным для изучения на уровне среднего общего образования (приложение).

Изучение астрономии на базовом уровне среднего общего образования направлено на достижение следующих целей:

1. Осознание принципиальной роли астрономии в познании фундаментальных законов природы и формирования естественнонаучной картины мира;

2. Формирование научного мировоззрения;

3. Формирование навыков использования естественнонаучных и физико-математических знаний для объектного анализа устройства окружающего мира на примере достижений современной астрофизики, астрономии и космонавтики;

4. Приобретение знаний о физической природе небесных тел и систем, строения эволюции Вселенной, пространственных и временных масштабах Вселенной, наиболее важных астрономических открытиях, определивших развитие науки и техники;

5. Овладение умениями объяснять видимое положение и движение небесных тел принципами определения местоположения и времени по астрономическим объектам, навыками практического использования компьютерных приложений для определения вида звездного неба в конкретном пункте для заданного времени;

6. Развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний по астрономии с использованием различных источников информации и современных информационных технологий.

Как видно из поставленных целей, астрономия призвана стать для каждого обучающегося 10–11 классов предметом, формирующим не только единую естественнонаучную картину мира, но и познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности. Нельзя не отметить важную роль предмета в становлении гражданской позиции и патриотическом воспитании выпускников – Российская Федерация в развитии астрономии, космонавтики и космофизики всегда занимала лидирующие позиции в мире.

В связи с изменившимся стандартом, введение курса Астрономия в среднюю школу требует создания или изменения уже имеющейся рабочей программы, а также всего дидактического обеспечения, которое рассматривается как комплекс взаимосвязанных по целям и задачам образования и воспитания разных видов учебной информации, разработанной с учётом требований Федерального Государственного Образовательного

Стандарта общего, основного общего и среднего (полного) общего образования. Дидактическое обеспечение включает в себя:

- учебно-методическое обеспечение;
- материально-техническую базу;
- контрольно-измерительные материалы.

Федеральный перечень учебников, рекомендованных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего и среднего общего образования включает два учебника астрономии.

1. Воронцова-Вельяминова Б.А., Страута Е.К. издательства «Дрофа – Вентана-Граф». Учебник сочетает в себе классическую последовательность изложения материала, соответствующую оригинальной авторской редакции, с современными научными представлениями и результатами последних исследований небесных объектов, проводившихся в крупнейших обсерваториях мира и с помощью космических телескопов. Учебник написан доступным и живым языком, содержит ряд сведений, отсутствующих в других учебниках астрономии. Расширить информационное поле и проконтролировать усвоение знаний поможет электронная форма учебника, содержащая разнообразные мультимедийные объекты.

2. В.М. Чаругин. «Астрономия. 10 – 11». М.: Просвещение, 2017. Учебное пособие входит в новый учебно-методический комплекс «Сферы» по астрономии для старшей школы. Издание подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта. Курс направлен на формирование у учащихся на базовом уровне представлений об астрономии, раскрывает основы и последние достижения науки, рассказывает о методах изучения Вселенной, в том числе с помощью гравитационно-волновых и нейтринных телескопов. Главными особенностями данного учебника являются фиксированный в тематических разворотах формат, лаконичная структурированность текста, обширный и разнообразный иллюстративный ряд, а также наличие системы практических заданий.

Содержание курса астрономии несколько изменилось: уменьшена доля материала по небесной механике и астрометрии, увеличено число тем, посвященных астрофизике и космологии. В программу внесены новые научные сведения, такие как: гравитационные волны, коричневые карлики, тёмная материя и тёмная энергия. Особое место в программе занимает использование компьютерных приложений для определения положения звёзд, Луны, Солнца для любого населённого пункта.

Реализация программы должна быть направлена на формирование у обучающихся практических навыков, например, таких как: умение находить на небе ряд созвездий и ярких звёзд; объяснять целый ряд астро-

номических явлений; отделять астрономию от лженаук, что особенно актуально в наше время.

Изучение курса астрономии в школе должно завершиться итоговой аттестацией по этому предмету. Форма аттестации (проект, зачёт, контрольная работа и т.д.) определяется образовательной организацией.

Успешное освоение астрономии возможно только при условии реализации межпредметных связей. Пожалуй, в учебном плане школ немногие предметы имеют настолько интегративный характер. Так, астрономия связана с физикой, математикой, географией, историей, экологией, химией, ОБЖ, экономикой, языкознанием и литературой.

Её особенностью является то, что содержание предмета позволяет проследить эволюцию научной мысли в исторической ретроспективе. В связи со всем вышеизложенным следует отметить, что изучение астрономии в школе является мощным ресурсом, обеспечивающим формирование научной картины мира у обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астронет [Электронный ресурс]. URL: <http://www.astronet.ru/>
2. Методические рекомендации преподавания учебного предмета [Электронный ресурс]. URL: <https://rosuchebnik.ru/metodicheskajapomosch/predmet-astronomiya/>.
3. Рабочая программа предмета [Электронный ресурс]. URL: https://drofaventana.ru/metodicheskaja-pomosch/materialy/umk-b-a-vorontsova-velyaminova-astronomiya-11-klass_type-rabochaya-programma/

СЕКЦИЯ "СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА"

УДК 72.01

АРХИТЕКТУРА ПАМЯТИ

И.А. Аладов, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется опыт проектирования музейно-мемориальных комплексов, посвященных человеческим трагедиям.

***Ключевые слова:** музейно-мемориальный комплекс, архитектура памяти, мемориальная инсталляция, мемориал.*

MEMORIAL ARCHITECTURE

I.A. Aladov, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the experience of designing memorial museums dedicated to human tragedies.

***Keywords:** memorial museum, memory architecture, memorial installation, memorial.*

В мировой практике существует немало примеров мемориальных сооружений, посвященных человеческим трагедиям. Можно выделить два основных подхода к проектированию мемориальных комплексов: работу с объемом на абстрактном, метафорическом уровне и использование в проекте сохранившихся материальных фрагментов истории.

Одно из самых известных зданий, посвященных памяти человеческих утрат и страданий – *Еврейский музей в Берлине*, построенный по проекту Даниэля Либескинда. В формообразовании музея можно разгля-

деть две метафоры: форму абстрактной звезды Давида, горизонтально растянутой возле старого корпуса музея и незаживший шрам, напоминающий о совершенных деяниях. Несмотря на то, что постройка Либескинда является отдельным зданием, прямого входа с улицы в нее нет. Чтобы попасть в новую часть музея, нужно войти в старое барочное музейное здание, спуститься и пройти через подземный коридор. Этот путь служит неким ритуалом, позволяющим посетителю осознать значимость места.

Планировка музея не соответствует внешнему облику здания: экспозиционная часть находится под землей и выходит за его пределы. Соединяя разные части выставочного пространства, архитектор ведет людей через галереи, пустые пространства и в тупики. Одно из самых запоминающихся, эмоционально сильных пространств – зал высотой двадцать метров, в верхнем углу которого имеется разрез, пропускающий естественный свет. В ней ты чувствуешь себя сжатым, ничтожно малым. Несмотря на свои значительные размеры, пространство эмоционально давит на посетителя. Этот зал пытается передать ощущения людей, которым приходилось прятаться в самых невообразимых местах, спасаясь от расправы. Людей, зачастую видевших из своих укрытий лишь маленький кусочек света. Еврейский музей – это эмоциональное путешествие по истории. Архитектор постарался выразить человеческие испытания и чувства в объеме. По своей образности, смысловой нагрузке в экспозиции и формообразовании, его можно отнести и к мемориалу.

Холокост – одна из самых масштабных трагедий прошлого века, преступление против человечества. По всему миру устанавливаются символы памяти, которые служат постоянным напоминанием о человеческой жестокости. *Мемориал жертвам Холокоста*, спроектированный Даниэлем Либескиндом, установлен в Оттаве напротив Канадского военного музея. Он состоит из шести треугольных бетонных частей, сформированных в метафизичный образ Звезды Давида – символа иудаизма, которую евреи были вынуждены носить на своей одежде, позволяя идентифицировать себя нацистам.

Каждая часть комплекса отвечает за свою программу: пространство интерпретации, которое показывает канадскую историю Холокоста, три отдельных пространства размышления, большое центральное пространство, от которого идет лестница, проходящая через наклонную, брутальную стену и ведущая на верхнюю террасу с видом на парламент, а также возвышающееся пространство «Небесная Пустота» с вечным Пламенем Памяти высотой 14 метров, которое окружает посетителя монолитными стенами, при взгляде вверх обрамляющими небо.

По всему пространству мемориала на бетонные стены нанесены фотографии Эдварда Буртынского, посвященные местам, связанным с

Холокостом – лагерям, лесам и полям смерти. Эти запоминающиеся фрески нацелены на то, чтобы перенести посетителя в прошлое и создать ещё одну размерность во внутренних пространствах наклонных стен и лабиринтоподобных коридоров.

Вокруг мемориала посажены хвойные деревья, которые с годами будут расти, отражая то, какой вклад выжившие канадские евреи и их дети внесли в развитие страны.

Мемориал Steilneset в Норвегии посвящен жертвам «охоты на ведьм», людям, преследуемым в Европе с конца XV до середины XVII вв. из-за подозрений в колдовстве – результат совместного творчества художника Луизы Буржуа и архитектора Петера Цумтора.

Этот мемориал состоит из двух павильонов и расположен на береговой линии пролива, отделяющего остров Вардё от Норвегии – в месте, где непосредственно происходили казни. Горизонтально вытянутый вдоль набережной павильон – работа Цумтора. Ритмичная, тектоничная деревянная конструкция, звенья которой напоминают виселицу. В тентовом подвесном коконе на разной высоте расположено девяносто одно окно, на уровне которых внутри висят маленькие, тусклые лампочки, символизирующие угасающие личности казненных людей. Рядом с каждым окном висит кусок материи, где написаны сведения о человеке и его приговор – эти данные дошли до нашего времени, поскольку все процессы были хорошо задокументированы. Пройдя через темный коридор, посетитель попадает во второй павильон, выполненный из стекла и металла. Черное глянцевое стекло фасадов девизуализирует его, отражая окружающую природу. Внутри полого бетонного конуса расположен стул, из которого вырываются языки пламени, олицетворяющие членов семей казненных. Над стулом подвешены семь овальных зеркал, в отражении которых множится пламя, символизирующие свидетелей жестоких убийств.

Каждое десятилетие происходят трагедии, оставляющие в судьбах людей незаживающие раны. *Национальный мемориал и музей 11 сентября в Нью-Йорке* посвящён памяти людей, погибших при теракте. В этом проекте авторы работали не только с метафорой, но и непосредственно с местом трагедии, сохранившим материальные фрагменты истории.

Даниэль Либескинд занимался разработкой генерального плана мемориала. Он отдал половину территории парку, чтобы сбалансировать память о трагедии и обычную жизнь, которая должна продолжаться несмотря ни на что. Норвежское бюро Snøhetta проектировало входной павильон в музей.

Двойные пруды с водопадом «Отражение отсутствия», спроектированные Майклом Арадом и Питером Уокером, расположены в цоколе башен Всемирного торгового центра. В центре двух бассейнов находятся

впадины, создающее ощущение бездны. Как у Ф. Ницше: «Если ты долго смотришь в бездну, то бездна смотрит в тебя».

По внешнему контуру водопада расположены металлические панели с именами погибших в терактах 1993 г. и 2001 г. во Всемирном торговом центре и в Пентагоне. Каждое имя освещается изнутри ночью. Проектированием музея занималось бюро Davis Brody Bond. Он расположен в подземной части парка. В экспозиции сохранили конструктивные детали небоскребов, опоры, лестницы. В музее размещены обломки фюзеляжей самолётов, влетевших во Всемирный торговый центр, детали пожарной машины (первой приехавшей на место происшествия), личные вещи посетителей торгового центра и спасателей, находившиеся под тоннами железа, бетона и стекла рухнувших небоскребов.

Все то время, что посетитель находится в музее, он слышит специально подобранную музыку, погружающую его в определенное состояние. Современный мемориал – это не только статичная конструкция, а синтез пространств, световых и аудио эффектов, направленные на эмоции человека. У каждого человека остается свое впечатление, свои внутренние ощущения после его посещения.

К большому сожалению, в мире каждое десятилетия происходят трагедии, которые рушат человеческие жизни и судьбы. Необходимо сохранять память о них и демонстрировать следующим поколениям весь ужас этих трагедий. Мемориал должен быть не просто монолитным изваянием в памятном месте, он должен учить людей, находить отклик в их сердцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AD Classics: Jewish Museum, Berlin / Studio Libeskind [Электронный ресурс] / Evan Pavka. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/91273/ad-classics-jewish-museum-berlin-daniel-libeskind> (дата обращения: 06.03.2019).
2. Studio Libeskind completes Canada's first Holocaust monument in Ottawa [Электронный ресурс] / Dan Howarth. Режим доступа: <https://www.dezeen.com/2017/10/02/studio-libeskind-completes-national-holocaust-monument-ottawa-canada/> (дата обращения: 05.03.2019).
3. STUDIO LIBESKIND [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://libeskind.com> (дата обращения: 07.03.2019).
4. Steilneset Memorial / Peter Zumthor and Louise Bourgeois, photographed by Andrew Meredith [Электронный ресурс] / Karissa Rosenfield. Режим доступа <https://www.archdaily.com/213222/steilneset-memorial-peter-zumthor-and-louise-bourgeois-photographed-by-andrew-meredith> (дата обращения: 04.03.2019).

ПОДХОДЫ К РЕНОВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ СОВЕТСКИХ АЛЬПЛАГЕРЕЙ

М.Е. Баталова, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается типология альплагерей и исследуется подход к реновации территорий бывших альплагерей на примере альплагерей Сванетии.

***Ключевые слова:** реновация, турбазы, альплагерь, альпинизм, спортивный лагерь, спортивные объекты, советская история, альплагеря Сванетии.*

APPROACHES TO THE RENOVATION OF THE SOVIET MOUNTAINEERING CAMP TERRITORIES

M.E. Batalova, A.A. Bulatova, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the mountaineering camps typology and explores the approach to the renovation of the territories of former mountaineering camps, using mountaineering camps of Svaneti, Georgia as an example.

***Keywords:** renovation, camp sites, mountaineering camp, mountaineering, sports camp, sports facilities, Soviet history.*

С развалом Советского Союза завершилась целая эпоха, оставившая после себя громкие имена, густо исписанные страницы истории и сотни зданий, из которых вслед за старым режимом ушла жизнь. Приостановилось развитие межнационального спортивного движения, вместе с ним опустели многие спортивные и туристические базы. Одним из наиболее пострадавших направлений оказался альпинизм. Он превратился из спорта высоких достижений, привлекавшего тысячи людей в затратное занятие для редких смельчаков, влюбленных в горы.

Отголосками эры советского альпинизма звучат руины альпинистских баз и лагерей в горах России, Казахстана, Армении, Грузии.

Альплагерь – это место расположения альпинистов в горах, оборудованное для нахождения и проживания в нем людей в течение продолжительного времени. В зависимости от типологии сооружений, альплагеря подразделяются на стационарные и временные. Последние устанавливаются на время восходительского сезона в местах, где строительство стационарной альпбазы не представляется возможным. Стационарные альплагеря рассчитаны на многолетнюю работу и имеют постоянные постройки, как правило, это гостиница или небольшие домики для проживания, столовая, учебно-методическая часть, прокат снаряжения.

В зависимости от целей создания Альплагеря подразделяются на:

- спортивные, принимающие альпинистов-разрядников для повышения спортивного мастерства (в настоящий момент не жизнеспособны, как тип, так как не в состоянии обеспечить наполняемость и, соответственно, окупаемость);

- учебные, готовящие к восхождению начинающих альпинистов, например, альплагерь Туяк-Су в Казахстане;

- учебно-спортивные, объединяющие в себе оба направления, это все действующие альплагеря, за редким исключением.

В многочисленных альпинистских лагерях Советского Союза действовала отлаженная система подготовки альпинистов разного уровня: от значкистов до мастеров спорта. После перестройки вместе с профсоюзами развалилась система субсидирования путевок в альплагеря, количество приезжающих значительно сократилось. Финансовые трудности стали причиной упадка и закрытия большинства альплагерей.

Те немногие, до сих пор действующие, лагеря привлекают в десятки раз меньше людей, чем в пору своего расцвета в 60-80-х годах. Из двадцати четырех учебно-спортивных профсоюзных альплагерей остались единицы: «Артуч» на Памире, «Ак-тру» на Алтае, «Безенги», «Уллу-Тау», «Дигория» и «Узункол» на Кавказе, «Туяк-Су» в Казахстане. Остальные прекратили свое существование.

В начале своей работы альпинистские лагеря имели схожую структуру. Это был спортивный альплагерь полустационарного типа, с каркасными палатками на 3-4 места и несколькими деревянными или каменными постройками. В связи с закрытием финансирования и изменением потребностей альпинистов лагеря претерпели значительные перемены. На смену сугубо спортивному направлению пришло учебно-спортивное (Безенги и Узункол), или учебное (Туяк-Су). Кроме того, расширилась инфраструктура лагерей, а условия проживания стали более комфортными. Участники смен живут в теплых гостиничных номерах и коттеджах

со всеми удобствами, что не отменяет, однако, возможности размещения в палаточном лагере. В комплекс современного альплагеря сейчас включаются: столовая, душевые, баня, прокат оборудования, магазины, спортплощадки, бильярд, бар, сауна с бассейном для отдыха и тренировок – наличие этой инфраструктуры позволяет таким лагерям, как Безенги, Туок-су и Узункол адаптироваться к запросам современного альпиниста и держаться на плаву.

Архитектура альплагерей довольно разношерстна. В большинстве примеров постройки возведены в разное время и зачастую диссонируют друг с другом, лишая облик лагерей визуальной целостности. Некоторые альплагеря, например, Безенги, и вовсе напоминают современные дачные поселки, дома в которых вроде бы чем-то похожи, но каждый стремится выделиться на фоне остальных. Наряду со значительными различиями, архитектура альплагерей обладает и общими чертами. Во-первых, это малоэтажность построек, обеспечивающая им устойчивость в условиях горных ветров. Во-вторых, применение скатных кровель, позволяющее не скапливаться снегу и использование камня и дерева как основных строительных материалов. Наблюдается схожесть и в типологии жилых домов. Это быстровозводимые каркасные здания высотой в один этаж с мансардой: внизу располагается гостиная, столовая, кухня и бытовые помещения, а под крышей размещаются спальни.

В числе регионов, с наиболее пострадавшей спортивной инфраструктурой, оказалась Сванетия – высокогорная область на северо-западе Грузии. Её уходящая корнями вглубь веков история всегда была тесно переплетена с альпинизмом. Родом отсюда практически все самые титулованные альпинисты Грузии. В небольшой горной области в советское время существовало 5 полноценных альплагерей: Зесхо, Айлама, Накра, Шихра, Сванетия (Ушба), но, пройдя через годы экономического упадка, они практически исчезли с лица земли. Шихру снесло камнепадом, а Накра была закрыта и перенесена на место турбазы Ушба, слившись с альплагерем Сванетия.

Оставшиеся альплагеря, которые еще различимы на карте Сванетии, находятся на пути из Лентехи в Местию, связывающем Нижнюю Сванетию с Верхней. Свое начало маршрут берет в пос. Лентехи - административном центре нижней Сванетии, где находилась одноименная турбаза, построенная в 1978-79 годах. Комплекс включал в себя 13 жилых домов на 2 комнаты, здание столовой на 600 человек с баром, кинотеатр, открытый бассейн, сады и аллеи. Из множества зданий к настоящему времени сохранились лишь кинотеатр – превращенный в жилой дом и дома филиалов альплагерей Айлама и Зесхо – об остальных напоминают проступающие из земли останки фундаментов.

Первая остановка на пути в Верхнюю Сванетию – спортивный альплагерь Зесхо, был открыт в 1978 году в отдаленном районе реки Зесхура, недалеко от селения Зесхо, последние жители которого совсем недавно были вынуждены покинуть это место. Первоначально на территории было 2 четырехэтажных корпуса гостиниц, несколько жилых домов, пекарня, бар, столовая, склад продуктов. Сегодня Зесхо это комплекс разрозненных ветшающих зданий, большая часть которых утеряна. Лагерь опустел, но все еще дышит и принимает редких гостей. В относительной сохранности пара жилых домов, склад альпинистского снаряжения и баня.

Чуть дальше все та же горная дорога проходит через территорию альплагеря Айлама, открывшегося в 1969 году в ущелье реки Курулдаши. На севере Айлама граничит с руинами бывшего завода по переработке мышьяка, а ещё дальше, у подножия горы, начинается ледник, давший свое имя лагерю. К сожалению, до нашего времени дошли только руины зданий столовой, склада и администрации, в том числе кабинета директора лагеря Джокиа Гугавы - участника знаменитой «великолепной шестёрки», покорившей зеркало Ушбы под руководством Михаила Хергиани. Некогда на территории размещались и деревянные каркасные домики для альпинистов, разрушенные временем и людьми. От прежней инфраструктуры не осталось и следа, лишь тренировочный камень с памятной табличкой погибшего альпиниста и инструктора лагеря Серго Барлиани возвышается над дорогой, одиноко созерцая пейзажи заснеженных хребтов.

Турбаза «Ушба» (он же альплагерь «Сванетия») располагался уже по другую сторону перевала, рядом с административным центром верхней Сванетии – пос. Местиа. Открытый в конце 80х, альплагерь проработал совсем недолго, прекратив свое существование после распада СССР. На территории лагеря сохранились здания столовой, с панорамным видом на Местию и баром в первом этаже, и террасная гостиница, вытянутая по рельефу. Сванетия - это единственный лагерь, находящийся непосредственно на горном склоне. Кроме того, огромным преимуществом его расположения является соседство с популярной у туристов и альпинистов Местией, и горнолыжными курортами Хацвали и Тетнулди.

Альплагеря Сванетии имеют выгодное расположение и ничуть не уступают ныне действующим альплагерям на постсоветском пространстве. Их проблемой является наступивший после перестройки упадок, уничтоживший всю инфраструктуру этих мест и приведший к полному исчезновению соседних с альплагерями поселений.

На сегодняшний день правительство Грузии планирует развивать регионы Верхней и Нижней Сванетии как туристические аттракторы, соединив их общей дорогой. И проблема реновации территорий бывших

альплагерей как никогда становится актуальной. Решение проблемы этих территорий видится в создании альпинистской базы нового типа, работающей по трем направлениям: учебно-спортивное, туристическое и региональное направление. Рассматривая учебно-спортивное направление, следует уделить особое внимание обучению новичков, так как это хорошая возможность для привлечения новых потоков в лагерь. Необходимо расширить спортивное направление комплексов, чтоб обеспечить круглогодичное функционирование и наполняемость. В зависимости от месторасположения базы помимо горнолыжного спорта и фрирайда (что пока возможно только в Местии), могут добавиться такие направления, как скитур, бэккантри, трекинг, каньонинг, горный туризм и т.д.

В условиях современной экономики для альплагерей очень важно ориентировать свою работу не только на спортсменов, но и на туристов, так как туристический сектор является более широким и окупаемым. Для этого можно включить в функционал базы досуговую и оздоровительную составляющую, например, SPA, сауну, тренажерный зал, кафе-бар, сценическое или выставочного пространство.

Что касается регионального направления, то возрождение альплагерей позволит вернуться жизни в покинутые людьми деревни, даст рабочие места для местных жителей и выгодно скажется на экономическом и культурном развитии региона.

Все три направления работы базы отдыха нового типа взаимосвязаны и имеют переплетения в функциональных программах.

Создание таких комплексов принесет существенную пользу местным жителям и поселениям в целом, раскрывая экономический и природный потенциал территорий. Не менее важно то, что ориентированность комплексов на альпинизм может послужить сохранению традиций и возрождению популярности этого вида спорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое альплагерь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ual.getgarant.com/stati/chto-takoe-alplager>
2. *Захаров П.П.* Альпинистские лагеря профсоюзов СССР [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mountain.ru/article/article_display1.php?article_id=6354
3. Исчезнувшие альплагеря... «Айлама» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.risk.ru/blog/207005>

АРХИТЕКТУРА В СПЕКУЛЯТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ АНТИУТОПИЙ

А.А. Бурова, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется спекулятивное искусство, подкрепленное основанными на анализе выводами о его роли в визуальном представлении альтернативного контекстуального пространства. Рассматриваются вопросы вариантов визуального представления переработанной словесной модели. Анализируется спекулятивное пространство в кинематографе, архитектура в фильмах – антиутопиях.

Ключевые слова: спекулятивное пространство, архитектура в кинематографе, спекулятивная архитектура, альтернативная реальность, переработанная словесная модель

SPECULATIVE SPACE ARCHITECTURE IN DYSTOPIAS

A.A. Burova, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article explores the speculative art, supported by the conclusions based on the analysis of its role in visual representation of alternative contextual space. The article considers approaches to visual representation of refined verbal model. The speculative art is analyzed in cinematography and architecture of dystopian films.

Keywords: speculative space, architecture in cinematography, alternate reality, reworked verbal models.

Термин «спекуляция», возникший от латинского *specio* (взгляд), с философской точки зрения представляет собой стремление к познанию, лежащему вне опыта. При переходе в категорию искусства, значение термина несколько изменилось, однако суть его осталась той же. Как пишут Энтони Данн и Фиона Рэби в своей книге «Спекулятивный мир. Дизайн, воображение и социальное визионерство», «Нас вдохновляет идея создания вымышленных миров и работы с ними. Больше всего нас инте-

ресует не просто развлекательная сторона, но размышления, критика, провокация, вдохновение».

Спекулятивное пространство, по нашему мнению, есть продукт авторского представления вариативных образов альтернативных реальностей и вымышленных миров.

В физическом смысле существование альтернативных реальностей обусловлено возможностью существования пятого измерения. Однако в обывательском представлении рамки этого термина более широки за счет того, что любой продукт воображения является примером создания альтернативного пространства, искаженного субъективными предпочтениями автора.

Иными словами, спекуляция – не только конечный продукт воображения, но и этапы ее создания, итогами которых является не только достижение результата, но и процесс обучения, поиска интуитивных абстракций и взаимодействий.

Спекуляции в основе своей делятся на *первозданные*: созданные в процессе собственного воображения, и *переработанные*: являющиеся продуктом предшествующей работы, основанной не только на процессе, но и на достижении конкретного результата. При переходе из одной категории в другую меняется не только ее смысловая нагрузка, но и уровень проработки, основанный на изучении дополнительной информации, поиске взаимосвязей и подоснов и, как итог, создании метафизического пространства.

К *первозданным* относится работа с текстом художественного произведения, где читателю необходимо создавать и дополнять альтернативную реальность в процессе чтения самостоятельно. При этом, для каждого эта реальность будет своей. Однако, в контексте исследования важнее представить спекулятивное пространство как результат коллективного труда, то есть *переработанную* словесную модель, общее для всех визуальное представление альтернативного мира.

Одним из примеров является архитектура в кинематографе, где основной ее композиции является не столько следование канонам и стилям, сколько необходимость создания сценического пространства, в рамках которого будет отражена подконтекстная смысловая нагрузка словесной модели. Проще говоря, архитектура спекуляции отражает социальную сторону произведения: политическую и экономическую ситуацию, уровень развития, климатические условия и другую общественно важную информацию. Однако, архитектура альтернативных пространств, находящихся вне рамок реального мира, все же использует некоторые его основы, такие как, например, передача смысловой нагрузки за счет существующих ассоциативных образов при использовании и компиляции ар-

хитектурных стилей в создании сценического пространства на фоне социального строя.

В фильме, основанном на художественном произведении «Дивергент» Вероники Рот, представлен разрушенный город, пришедший к уникальной системе для поддержания определенного порядка. Все человечество делится на 5 закрытых коммун, каждая из которых проповедует свой образ жизни, следует своим законам, и мировоззренческим порядкам. Архитектура в данном произведении, благодаря контрасту между потерпевшим гибель индустриальным миром, отраженным в покинутых, современных для нас небоскребах, и миром нового политического строя, отражает уклад каждой отдельной коммуны как единого целого и, за счет использования набора архитектурных элементов, помогает создать интуитивные образы, отраженные не столько в сюжете, сколько в концептуальном представлении. Каждая коммуна выполняет свою функцию, и всем её членам присущ общий набор черт характера, которые отражены в окружающем пространстве. Коммуна, проповедующая отречение, представлена минимализмом, где в качестве основного материала выступает чистый бетон, структура и визуальный образ которого интуитивно отсылает к чистоте помыслов его жителей. Эрудиция, представленная в следующей коммуне, отражена стилем хай-тек, с некоторыми включениями биоморфной структуры во внешнем проявлении, однако с строгостью интерьера. Такой выбор основан на стремлении создать пространство людей, способствующих стремительному развитию общества в целом. Коммуна, основой которой является четкое следование правилам и законам, передана при помощи аскетичной в своей основе, но использующей элементы классицизма, архитектурой, как признак нерушимости и стабильности взглядов ее представителей. В данном случае архитектура исполняет роль отражения общественных канонов.

В качестве противопоставления рассматривается экранизация произведения Сьюзен Коллинз «Голодные игры», где одной ведущих линий сюжета является столкновение понятий государственного контроля и свободы интересов личности. Диктатура власти, сосредоточенной в столице, подкреплена созданием массивных архитектурных масс, соответствующих архитектуре тоталитарного строя. Контрастирует с ней архитектура дистриктов, по сюжету противопоставленных столице. Отдельно необходимо отметить наличие малых архитектурных форм функционально узкого, направленного больше на зрительное восприятие, назначения. Существующие в контексте мероприятий развлекательного характера для одних, но с угнетающим контекстом условий жесткого контроля поведения для других. Постройки, т.н. рога изобилия, находящиеся в центре арены, где проводятся игры на выживание, своим формобразованием контрастируют с окружающей их природной средой. В

данном примере архитектура носит метафизический характер как в одном, так и в другом случае.

В отличие от остальных примеров, в экранизации произведения «Мечтают ли андроиды об электроовцах» Филипа Дика – фильме «Бегающий по лезвию» – архитектура играет наиболее фоновую роль в картине, так как несет в себе в основном исключительно сценическую функцию. Перед зрителем предстает постапокалиптический мир киберпанка, неоновые огни которого контрастируют с запыленным воздухом, ставшим причиной переселения человечества в внеземные колонии, создавая постоянную дымку, сквозь которую проступают массивные брутальные сооружения, символизирующие мощь и неизбежность устоявшегося общественного строя. За счет стеновой тектоники и распределения масс, игры светотени на фасадах, подсвеченных неоновыми вывесками, создается эффект постоянного психологического давления, который позволяет сосредоточиться не столько на визуальной части содержания, сколько на смысловой нагрузке кадра.

В качестве подкрепления постапокалиптической тематики можно рассмотреть картину «Призрак в доспехах», где в основе спекуляции лежит следование принципам киберпанка, однако использование контрастных локаций в различных ситуациях, позволяет проследить классовое неравенство общества.

Таким образом, спекулятивное пространство в кинематографе является сценическим пространством для создания концептуального отражения художественной части произведения. Являясь фоном для раскрытия основных действий и событий, она задает определенный ритм, создавая интуитивные образы восприятия на эмоциональном уровне.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что спекулятивное искусство позволяет использовать возможности собственного воображения для создания альтернативных образов и реальностей, а спекулятивное пространство является важным инструментом для передачи художественных образов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Данн Э.* Спекулятивный мир. Дизайн, воображение и социальное визионерство [Текст] / Э. Данн, Ф. Рэби. М: Strelka Press, 2014. 23 с.
2. *Бабкин С.* Что такое спекулятивная архитектура [Электронный ресурс] / С. Бабкин. Режим доступа: <https://strelka.com/ru/magazine/2017/06/01/what-is-speculative-architecture>, свободный
3. *Саприн М.* Спекулятивная архитектура [Электронный ресурс] / М. Саприн. Режим доступа: https://vk.com/@sky_arch-spekulyativnaya-arhitektura, свободный.

МУЗЕЙНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС "МОЛОГА"

Д.И. Демидов, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется актуальность создания музейно-мемориального комплекса затопленного города Молога, описывается вариант его архитектурно-художественного решения и функциональная программа.

***Ключевые слова:** место памяти, мемориальный комплекс, Молога.*

MEMORIAL MUSEUM "MOLOGA"

D.I. Demidov, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the relevance of creating of the memorial museum, dedicated to the flooded city of Mologa. The article describes the potential version of its architectural and artistic plan and functional program.

***Keywords:** place of memory, memorial museum, Mologa.*

Молога была уездным городом, располагавшимся в очень благоприятном месте, при впадении реки Мологи в Волгу, в народе прозванным сказочным междуречьем. 14 сентября 1935 года сказке пришел конец – было принято постановление о строительстве Рыбинского и Угличского гидроузлов. В погоне за желанными мегаваттами мощности, было решено поднять уровень зеркала воды рукотворного моря с 98 метров до 102 метров. Именно эти четыре метра обрекли древний город на гибель. Люди не остановились ни перед чем, уничтожили все, что стояло у них на пути, а вода скрыла следы. Остались только воспоминания, бережно хранимые мологжанами в глубинах своего сердца. В них по сей день

можно увидеть ту самую Мологу: с ее заливными лугами, рекой, полной рыбы, огромными полями и белоснежными монастырями.

Проблема сохранения памяти места является одной из главных в современном мире. Время идет, все меньше остается людей, готовых от первого лица поделиться своими историями и впечатлениями, в подробностях рассказать о своем родном крае. Пока эти знания не утрачены, нужно всеми силами пытаться передать их следующим поколениям.

Примеров создания мемориальных комплексов, посвященных городам, стертым с лица земли, существует немало в зарубежной практике. Например, памятник городу Джибеллина на Итальянском острове Сицилия, полностью разрушенному землетрясением в 1968 году. На месте оставшихся руин известный художник Альберто Бурри поставил городу памятник, олицетворяющий связь между старым и новым. Мемориал представляет собой огромную бетонную плиту, полностью повторяющую рельеф местности, внутри которой сделаны тропы, повторяющие старые улицы. Очень интересна идея, предложенная студентами из Китая в рамках Международного архитектурного конкурса VELUX 2012. С помощью вертикальных светящихся трубок-колонн они предлагают воссоздать небольшую деревушку в Швейцарских Альпах, трагически разрушенную селевым потоком. Мистические силуэты домов как под землей, так и на поверхности создают призрачное очертание существующего прежде селения.

При проектировании музейно-мемориального комплекса необходимо задуматься над следующим вопросом: Что такое музей? Многие считают, что музей – это здание, однако, музей – это то, что внутри. Следует помнить о том, что здание создается для музея, а не музейная коллекция для здания, и никак иначе. Облик здания должен быть связан с темой музея, он должен вызывать эмоции, создавать определенное настроение, намекать посетителю о том, что ждет его внутри.

Эти суждения легли в основу формирования архитектурного облика комплекса. Кольцо с древних времен является мистическим символом, не имеющим ни начала, ни конца. Оно может ассоциироваться с вечностью памяти и бесконечностью скорби об утраченной родине. Центральным ядром композиции является искусственный бассейн, на дне которого можно увидеть улицы когда-то процветающей и знаменитой Мологи – остатки фундаментов строений и бывших мостовых. Постепенно это пространство начинает заполняться водой, напоминая людям о том, что ничего нельзя вернуть назад, как бы они этого не хотели. Русская Атлантида навсегда останется городом-призраком, живущим лишь в воспоминаниях людей.

Концепция музея должна до глубины души пробираться каждого посетителя, никто не должен остаться равнодушным. Одним из ключевых

пространств в концепции музейно-мемориального комплекса является *зал темноты*. Кромешная темнота окутывает посетителя с ног до головы, он начинает слышать детский смех, лай собак и звон колоколов, олицетворяющих простую и беззаботную жизнь людей. При продвижении вглубь зала, посетитель слышит плач женщин и звуки взрывов и обрушения соборов и церквей. История Мологи предстает в совершенно ином свете, что позволяет еще больше погрузиться в атмосферу того времени. Перейдя в *зал улывающихся историй*, посетитель видит перед собой водную гладь и находящиеся на ней невзрачные темные павильоны, в форме барачков, с небольшими окошками по торцам, в которые есть возможность заглянуть. Внутри написаны трагические истории людей, живших в Мологе.

Зал переселенцев и *Зал выселенцев* неразрывно связаны друг с другом, они показывают, как проходила подготовка к переселению людей. Специальная комиссия оценивала состояние частных домов, принимала решение о сносе ветхих или перевозке крепких домов на новое место. Выселенцам – тем, чьи дома были слишком старыми, выплачивали компенсацию, которой ни на что не хватало, и отправляли искать новое место жительства. В зале представлены письма этих людей, адресованные властям с просьбой оставить их в городе. Многим переселенцам приходилось по несколько дней жить без крыши над головой: не было ни стен, ни потолка, только печь стояла посередине участка, а на улице хлестал ливень и некуда было от него деться, негде спрятаться. Переплавляя свои дома по реке, люди разбирали их по бревну и связывали в плоты, на которые складывали все свои вещи и отправлялись в неизвестность. Доплывут ли они до берега? Смогут ли собрать дом заново? Выдержат ли веревки? Никто не мог ответить им на эти вопросы, был только приказ, который обязан выполняться. Весь этот страх и безысходность отражены в инсталляции-дороге жизни, из ветхих бревен и старых вещей. Самым последним залом в маршруте посетителя является *Сон о Мологе*, где представлены старые фотографии города, его окрестностей и жителей. Вся экспозиция музея построена на том, чтобы помочь ответить на главный вопрос каждого посетителя: "А стоило ли это того?"

При составлении функциональной программы комплекса необходимо было учесть возможность проведения дней памяти Мологи и Мологского края (Мологские стояния), поэтому была запроектирована часовня, где равнодушные люди могли бы почтить память погибших людей, затопленных и поруганных святынь. Кинолекционный зал и библиотека помогают посетителям более глубоко изучить интересующие их вопросы, увидеть достоверные хроники и интервью.

Таким образом, создание музейно-мемориального комплекса на территории Рыбинского водохранилища позволило бы визуально марки-

ровать историческое место, сохранить память о событиях и людях. Такой комплекс стал бы первым подобным сооружением на территории России, по своему функциональному назначению и образу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушедшая под воду молога и не только... [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zhiznteatr.mirtesen.ru/blog/43208025639/Ushedshaya-pod-vodu-Mologa-i-ne-tolko...> (дата обращения: 03.03.2019).
2. Молога. История затопленного города [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.charmingrussia.ru/2013/10/blog-post_23.html (дата обращения: 04.03.2019).
3. Бетонный лабиринт Джибеллина [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://terraoko.com/?p=131450> (дата обращения: 05.03.2019).
4. 2014 International Velux Award for Students of Architecture [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.architectural-review.com/today/2014-international-velux-award-for-students-of-architecture/8653433.article> (дата обращения: 04.03.2019).

АРХИТЕКТУРНЫЙ РИСУНОК

А.С. Забелина, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются история архитектурной графики, изучается значимость ручной архитектурной графики в современном мире.

Ключевые слова: архитектурная графика, архитектурный рисунок, подача архитектурного проекта.

ARCHITECTURAL DRAWING

A.S. Zabelina, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article explores the history of architectural graphics and provides research about the importance of manually crafted architectural graphics in the modern world.

Keywords: architectural graphics, architectural drawing, submission of the architectural project

Архитектурная графика – это изобразительная документация архитектора, включающая в себя чертежи, эскизы и архитектурный рисунок. Архитектурная графика является способом передачи информации о проекте архитектором заказчику и исполнителям. Обращаясь к истории строительства древних городов, нельзя не заметить, что их возведение не обходилось без предварительной разработки чертежей, необходимых для выявления архитектурной композиции. Сделанные с безупречной точностью на основе знаний геометрии, они служили строителям значительным подспорьем при возведении сооружений.

По мере развития зодчества эти виды изобразительной информации претерпевали различные изменения, связанные с совершенствовани-

ем инструментов для их реализации. В середине XV в. в результате сепарации специальности архитектор-проектировщик, архитектурная графика стремительно обогащалась новыми приемами и методиками архитектурного черчения, которые обосновывались мастерами в их теоретических трудах вплоть до XIX в. Немалое влияние на развитие графики оказывали также архитектурные школы и академии, в стенах которых архитектурная графика переродилась в цельное направление изобразительного искусства.

Современная архитектура технологически свободна – инновационные решения конструкций, фасадов, интерьеров, применяемые в строительстве материалы позволяют воплотить любую идею – потому архитектор может смело распоряжаться образами, нарисованными его воображением. В результате такой свободы, задачей архитектурной графики в наше время является в основном поиск и фиксация архитектурной идеи.

В легенде проекта первоначальный эскиз имеет фундаментальное значение, так как является выражением авторской интуиции и содержит в себе главную идею, вокруг которой происходит дальнейшее развитие проекта. Рисунок – один из инструментов творческого процесса для уточнения эмоционального и выразительного архитектурного образа. Он помогает выгодно показать архитектурный объект в окружающем предметно-природном пространстве, передать ощущения человека в нём. Рисунок – это такой язык, на котором заказчику можно наглядно продемонстрировать формирование неповторимой архитектурной мысли, что, на мой взгляд, разжигает большой интерес заказчика к процессу проектирования и вовлекает его в поиск нужного образа.

«Для меня архитектурный рисунок – это полноценный и самостоятельный вид искусства, позволяющий мне максимально точно выразить мое ощущение пространства, детали, поверхности, то есть всего того, что составляет суть архитектуры», – Сергей Чобан. На основании вышеприведенных слов, стоит отвести рисунку еще одну немаловажную роль – преодолев первоначальную стадию разработки идеи проекта, к рисунку можно прибегнуть и как к самобытному способу презентации готового проекта. А обширное разнообразие графических материалов позволит добиться высокого художественного уровня подачи.

Однако, в современном мире непрестанно развиваются компьютерные технологии, давно вытеснив собой широкое применение ручной графики для подачи крупных проектов. Во многом это происходит в силу того, что эффектная фотореалистичность компьютерной визуализации, достигаемая в небольшие, по сравнению с ручной подачей, сроки, экономически более выгодна и больше привлекает спрос заказчиков. Ручная

архитектурная подача теперь является полноценным предметом искусства, коллекционирования.

«Любя пластику, умейте показать ручную работу, как драгоценность. Умейте её экспонировать». А. Буров. Процесс проектирования дает творческую свободу, позволяет выразить на бумаге нетривиальные архитектурные решения, переходящие порой в собственный субъективный мир – концептуальную «бумажную» архитектуру. Такие архитектурные фантазии высоко ценятся и занимают место в музеях и частных коллекциях, представляя собой интерес не меньший, чем образцы графики зодчих к проектам исторически значимых объектов.

Так, например, коллекция архитектурной графики, собранная Сергеем Чобаном и положившая начало созданию Музея архитектурного рисунка в Берлине, несет в себе цель популяризации рисунка как неотъемлемого процесса в проектировании архитектуры и отдельного вида графического искусства.

Рисунок с натуры, эскиз, предваряющий разработку проекта, или архитектурная фантазия – все это способы выражения творческих способностей архитектора, мастерство владения которыми позволяет решить многие архитектурные задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрей Буров*. Работа над проектом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://theory.totalarch.com/node/32/> (дата обращения: 10.03.2019).
2. История возникновения архитектурной графики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://helpiks.org/4-115205.html/> (дата обращения: 10.03.2019).
3. Рисунок к проекту: пять мнений о ручной графике [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archspeech.com/article/risunok-k-proektu-ryat-mneniy-oruchnoy-grafike/> (дата обращения: 10.03.2019).
4. *Рыкова Е.* Сергей Чобан о Музее архитектурного рисунка в Берлине [Электронный ресурс]/ Е. Рыкова. Режим доступа: <http://www.theartnewspaper.ru/posts/115/> (дата обращения: 10.03.2019).
5. *Сергей Чобан*. Архитектурные рисунки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archspeech.com/article/sergey-choban-arhitekturnye-risunki/> (дата обращения: 10.03.2019).

АРХИТЕКТУРА АГРОТУРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Е.А. Кожин, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется опыт создания агротуристических комплексов, особенности их архитектурного облика и функциональной структуры.

Ключевые слова: агротуристический комплекс, архитектура агротуристических комплексов, агротуризм.

ARCHITECTURE OF RURAL TOURISM COMPLEXES

E.A. Kozhin, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the experience of creating rural tourism complexes, features of their architectural appearance and functional structure.

Keywords: rural tourism complex, architecture of rural tourism complexes, rural tourism.

Агротуризм – одно из перспективных направлений в туристической отрасли сегодняшнего дня. Наука не дает точного определения этого термина, и его трактовка будет зависеть от человека, занимающегося исследованием, страны, в которой он проживает, и языка, на котором он говорит. В данном исследовании я предлагаю принять за понятие агротуризма следующее определение: это отдых в сельской местности, одной из особенностей которого является вовлечение отдыхающего в процессы, связанные с сельской жизнью (ремесла, сельскохозяйственная практика, обычаи, традиции). Такой вид туризма зародился в странах Европы еще во второй половине XX века. Для отдыха там стали использовать реконструированные фермы, оставленные их хозяевами из-за невозможности содержания. За прошедшие шестьдесят лет агротуризм не только не утра-

тил популярности, но и увеличил число заинтересованных в таком виде отдыха по всему миру. Согласно сайту FarmStayPlanet.com только на территории Франции создано более 50 туристических комплексов, специализирующихся на агротуризме. В настоящий момент существует два направления проектирования таких комплексов: реновация зданий бывших ферм и создание в них отелей, а также специально построенные для этих целей современные корпуса на территории действующих ферм.

В России агротуризм только начинает развиваться, пока он не так популярен, как в странах Европы и Азии. Сложившаяся ситуация может быть обусловлена наличием в жизни россиян такой функционально-планировочной структуры как дача. Ассоциируя агротуризм с бесконечными грядками и борьбой с сорняками, люди выбирают более интересный отдых. В настоящий момент в России не существует специальных комфортных условий для реализации агротуризма. Созданные первопроходцами в этой отрасли комплексы не отвечают запросам отдыхающих как на уровне архитектурной составляющей, так и на уровне досугово-развлекательной. В качестве примера можно привести комплекс «Деревенский отдых», расположенный в деревне Плотихино Сергиево-Посадского района Московской области. Он состоит из двух домов, нескольких гряд, бани и так называемого музея старины. Оба здания не являются ни старинными, ни яркими примерами современной архитектуры – это лаконичные деревянные срубы с двускатной кровлей. Оба жилища сдаются на условиях самообслуживания, а развлечения, помимо музея, представлены только катанием на лошадях.

Добиться решения проблемы в России можно путем анализа наиболее удачных реализованных аналогов туристических комплексов по всему миру, специализирующихся на агротуризме, изучения их функционально-планировочных и архитектурно-художественных аспектов, с последующей разработкой проектов с учетом данного опыта. Примеров комплексов с образцовыми планировками и запоминающейся архитектурой по всему миру создано множество, я проанализирую некоторые из них.

Отель Cava & Hotel Mastinell расположен рядом с городом Вильяфранка-дель-Пенедес в Каталонии, Испания. Комплекс состоит из одного здания, которое включает в себя пятизвездочный отель, винный магазин, ресторан и комнаты винной терапии. Буквально в нескольких сантиметрах от здания располагаются виноградники Мас-Тинель, открытые для помещения туристами. В услуги этого комплекса входит дегустация вин и кулинарные классы по приготовлению блюд, характерных для этой местности. Яркий запоминающийся архитектурный облик отеля привлекает внимание посетителей. Архитекторы при создании комплекса использовали в качестве метафоры одну из самых важных частей виноде-

лия – бочку. Комплекс подобен стеллажу, внутри которого лежат бочки-номера, бочки-ресторан, бочки-магазин. Крыша комплекса украшена мозаикой, что, по замыслу авторов, отсылает нас к творчеству известного каталонского архитектора Антонио Гауди.

Курорт Punjabiyat расположен в часе езды от города Амритсар в Индии. Комплекс состоит из четырех отдельно стоящих коттеджей с несколькими комнатами, ванными и террасами, окруженных полями. Коттеджи выполнены в классическом архитектурном стиле, присущем этому региону Индии: квадратные в плане, плоские крыши, используемые как веранды, орнаменты на парапетах, обмазка на стенах из глины. Рядом с комплексом находится ферма, где отдыхающие могут принять участие в уходе за животными или заняться другими повседневными делами.

Фермерский дом Feriengut Unterhochstätt находится недалеко от Швендта в Австрии. Этот небольшой отель, состоящий из нескольких номеров с балконами и ванными. В состав комплекса также входят спа-центр и ферма, как и в предыдущем примере, открытая для доступа посетителей. Архитектура комплекса представляет собой типичное альпийское шале. Этот «Домик пастуха» создает не только комфортные условия, но и отлично вписывается в окружающую среду, подчеркивая специфику отдыха в этом месте.

Ферма Bao Sheng Durian Farm расположена в городе Балик-Пеллау в Малайзии. Комплекс состоит из шести вилл-комнат, общих удобных и чистых кухни и ванн, и фермы по выращиванию дурианов. На ферме можно больше узнать об этом необычном фрукте, его разновидности, способы выращивания и философии всего процесса. Здания выполнены в традиционной малазийской архитектуре: Большие скаты крыш, сваи, большие остекленные пространства .

Фермерский дом Rural Casa do Rio расположен в Каштелу-Мельор в Португалии. Комплекс состоит из отеля и нескольких коттеджей и располагается в непосредственной близости от виноградника. Гости могут поучаствовать в кулинарных классах и дегустации вин, занять себя прогулкой на велосипедах и лодках. Архитектура отеля напоминает творчество Ф.Л.Райта – органическую архитектуру. Вытянутый объем с террасами, плоская кровля, большие окна, естественные материалы внешней отделки. Отель будто стелиться по склону, не мешая восприятию окружающей природы.

Каждый из этих примеров отлично характеризует такое понятие, как «дух места». В них архитекторы с уважением относятся к месту, в котором они проектируют туристические комплексы, к его традициям. Сельское хозяйство в этих комплексах предстает перед посетителями не как тяжелый труд, а как познавательная игра. Эта особенность, в сочетании с продуманной планировкой комплексов и их ярким архитектурным

обликом, делает подобные комплексы привлекательными не только для местных туристов, но и для путешественников со всего мира.

Разрабатывая проекты агротуристических комплексов в современных российских реалиях, авторы должны не только создать интересную концепцию, но и уделить особое внимание архитектурной эстетике и планировочной структуре комплекса, ведь именно от них зависит качество отдыха посетителей и, как следствие, качество их жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сельский туризм в России: от экстрима до глупости* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://newizv.ru/news/society/26-06-2017/selskiy-turizm-v-rossii-ot-ekstrima-do-gluposti> (дата обращения: 10.03.2019).
2. *Fabio Maria Santucci. Agritourism for Rural Development in Italy, Evolution, Situation and Perspectives* [Текст]/ Fabio Maria Santucci . *British Journal of Economics, Management & Trade*. 2013. № 3(3). С. 186-200.
3. *Marha Bakerjian. Consider an Agriturismo for Your Vacation in Italy* [Электронный ресурс]/ Marha Bakerjian. Режим доступа: <https://www.tripsavvy.com/what-is-agriturismo-1547534> (дата обращения: 11.03.2019)
4. *ArchDaily* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.archdaily.com/> (дата обращения 14.03.2019).
5. *FarmStayPlanet* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.farmstayplanet.com/> (дата обращения: 10.03.2019).

ПРОЕКТ ДЕТСКОГО ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В БАЛАШИХЕ

А.С. Коледов, Н.В. Смирнов, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуется подход к проектированию спортивных комплексов на примере физкультурно-оздоровительного комплекса при школе олимпийского резерва в городе Балашиха.

***Ключевые слова:** спортивные объекты, физкультурно-оздоровительный комплекс, качество городской среды, социальный объект, детские спортивные школы.*

THE PROJECT OF SPORTS AND RECREATION COMPLEX FOR CHILDREN IN BALASHIKHA

A.S. Koledov, N.V. Smirnov, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the approach of designing the sports complexes, using the sports and recreation complex at the school of Olympic resort in Balashikha as a basis.

***Keywords:** sports facilities, sports and recreation complex, quality of the urban environment, social facility, children's sport schools.*

Объекты спортивного назначения являются неотъемлемой составляющей инфраструктуры любого города. Наличие таких объектов, их качество и техническая оснащенность во многом говорят и о качестве городской среды в целом. Особенное место в этом ряду занимают детские и юношеские спортивные школы. До недавнего времени именно

таким спортивным объектам, уделялось минимальное внимание в вопросах технического оснащения и финансирования. Значительная часть существующих детских спортивных сооружений построена в советский период и в наше время - технически и морально устарела. Необходимо выработать новый подход к проектированию таких объектов.

В контексте вопроса городской среды, согласно нормативным документам, спортивные сооружения классифицируются на следующие группы:

- общегородские спортивные сооружения;
 - межрайонные спортивные сооружения;
 - районные спортивные сооружения;
 - микрорайонные спортивные сооружения.
- кроме того, различают спортивные сооружения промышленной, пригородной и зелёной зон.

По характеру использования спортивные сооружения подразделяются на универсальные и специализированные.

Универсальные сооружения с помощью различных трансформаций попеременно используются несколькими видами спорта. Цикл смены вида спорта в таких сооружениях может длиться от нескольких часов до недели. Кроме того, универсальные спортивные сооружения могут иметь расширенную функциональную составляющую, и могут дать возможность проведения не только спортивных мероприятий, но и концертов, выставок, фестивалей. Такие сооружения часто называются многофункциональными.

Сооружения специализированного типа предназначены для одного или нескольких близких видов спорта. Чаще всего это сооружения тех видов спорта, которые требуют специфичных условий или оборудования, а также сооружения международного уровня.

Спортивные сооружения по основному назначению, разделяют на:

- учебно-тренировочные;
- демонстрационно-спортивные сооружения, предназначенные в основном для соревнований;
- физкультурно-оздоровительные;
- детские спортивные сооружения;
- специализированные спортивные сооружения, обслуживающие инвалидов и другие маломобильные группы населения.

Состав, количество и размещение спортивных сооружений повседневного и периодического пользования регламентируется соответствующими нормами, а также градостроительной документацией.

В качестве отработки методики проектирования детских спортивных сооружений нового формата, нами был выбран участок под проектирование учебно-тренировочного комплекса при детской школе олим-

пийского резерва в городе Балашиха. На базе этой школы производится обучение таким видам спорта, как футбол, бейсбол и художественная гимнастика. Территория находится в общественно-деловой зоне, характеризующейся преимущественно типовой застройкой и достаточно интенсивным транспортным потоком.

На базе школы функционирует физкультурный корпус, построенный в 1980 году, и в данный момент, не отвечающий потребностям спортшколы из-за устаревшего планировочного решения, недостаточной пропускной способности и значительной изношенности здания.

Основная цель проекта – создать новый спортивный объект для обучения и тренировок молодых спортсменов, отвечающий современным техническим и эстетическим требованиям, применяемым к подобного рода сооружениям. Помимо этого, решается задача увеличения экономической привлекательности территории, актуальной функциональной наполненности и обеспечения жителей города комфортным для посещений спортсооружением.

Планировочное решение строится на применении функциональных блоков, характерных для проектирования спортивных сооружений, в рамках потребностей конкретно взятого спортивного учреждения и его положения на территории города. Основной целью нашего подхода к формированию комфортного внутреннего пространства было четкое разграничение потоков занимающихся и объединение в единое целое тренировочного процесса внутри комплекса и прилегающего футбольного поля. Для этого были выделены специализированные залы со своими блоками сопутствующих помещений: раздевалками, тренерскими, инвентарными, организованы выходы из раздевалок на территорию футбольного поля. Административная функция вынесена в отдельное крыло, что исключает возможность пересечения тренирующихся спортсменов и работников спорткомплекса. Планировки отвечают всем современным требованиям, которые касаются пропускных способностей залов, раздевалок, административных и рекреационных помещений, а также доступности маломобильных групп населения.

Задачей архитектурного решения объема спорткомплекса было создание объекта общегородского значения, визуально привлекательного для местных жителей и гостей города. Здание школы представляет собой одноэтажную постройку с крупным доминирующим объемом универсального зала. Общая длина главного фасада 67,3 метров, привела к необходимости использования пластических элементов, создающих паузы на протяженном фасаде, уменьшая общую массивность стены комплекса. С этой же целью - применяется остекление по всей площади южной и восточной стен здания.

Конструктивная схема здания комбинированная: кирпичные несущие стены одноэтажного объема и железобетонный каркас с стальными стропильными фермами в универсальном спортивном зале.

Конструктив объема позволяет трансформировать планировки при возникновении необходимости изменения габаритов и состава помещений. Это выражается не только в возможности сноса перегородок, но и в применении трибун-блинчеров. Во время соревнований или различного рода спортивных мероприятий трибуны выдвигаются, что дает необходимые зрительские места. В остальное время, когда нет необходимости в трибунах, они «складываются», что освобождает дополнительное пространство занимающимся.

Для решения функциональной связи здания и прилегающего к нему стадиона был сделан выпуск карниза, образующий навес над проходящей по периметру здания прогулочной зоны, предназначенной для отдыха занимающихся.

Возведение физкультурно-оздоровительного комплекса позволит увеличить удобство посещения и тренировок на базе школы олимпийского резерва. Что даст шанс новому зданию стать локальным архитектурным объектом, расширяющим функциональные границы отдельно взятой спортивной школы: увеличение количества занимающихся, проведение соревнований Всероссийского уровня и повышение качества городской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 332.1325800.2017 «Спортивные сооружения. Правила проектирования».
2. СП 31-112-2004 «Физкультурно-спортивные залы».
3. *Ортнер Р.* Спортивные сооружения. Проектирование, строительство, оборудование. / Р. Ортнер. М.: Госстройиздат, 1959. 230 с.
4. *Бурлаков И.Р.* Спортивно-оздоровительные сооружения и их оборудование / И.Р. Бурлаков, Г.П. Неминущий. СпортАкадемПресс, 2002. 136 с.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА ПОШЕХОНЬЕ

Е.С. Крылова, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, канд. архитектуры,
профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются понятие и применение термина регенерация исторической среды на примере территории центра города Пошехонье.

***Ключевые слова:** регенерация, историческое пространство, восстановление, функциональное наполнение.*

REGENERATION OF POSHEKHONYE'S HISTORICAL CENTER

E.S. Krylova, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper deals with the concept and application of the term "regeneration" for the historical environment on example of the Poshekhonie's City Center.

***Keywords:** regeneration, historical space, restoration, functional content.*

В современной архитектурной практике всё чаще встречается термин регенерация: регенерация городской среды, исторической среды, территорий фабрик и заводов, и многое другое. Актуальным становится вопрос о значении понятия «регенерация» в современной архитектуре.

С точки зрения словообразования, как одно из производных слов с приставкой «ре-», оно означает возврат к прошлому состоянию, возобновление, возрождение. В современном законодательстве регенерация несет в себе значение «восстановление», что указано в Федеральном законе «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации». Но на практике, регенерация чаще означает больше чем просто восстановление зданий или сооружений, это возрождение образа места, его духа и настроения. При работе над регене-

рацией исторической среды необходимо тщательное изучение истории конкретного места, его образов и традиций.

Работа с центром города Пошехонье ставит задачу учесть исторические особенности места, привнести что-то новое и создать комфортную среду для жителей и гостей города.

Пошехонье – город с длинной историей, переживший много событий, но сохранивший образ маленького уютного городка. Его история начиналась с села Пертома, находившегося на местности близ реки Шехони (ныне – р. Шексна), именуемой Пошехоньем. С 1680 г. в селе располагалась воеводская канцелярия, которая указывала на административную значимость села, но в источниках местность была охарактеризована фразой «Пошехонский токмо уезд, а города не имеется». В августе 1777 г. село Пертома с Троицкой деревней объединили в уездный город Пошехонье, с этого момента началась новая история города, становление того облика, в котором он существует сейчас. В 1784 г. был утверждён план города с радиально-кольцевой планировкой в соответствии с «Наказом комиссии о составлении проекта нового уложения» 1767 г. Со временем город развивался, первый всплеск каменного строительства пришёлся на начало – середину XIX в.: строились училища, городская дума, суды, торговые ряды, ансамбли Троицкой церкви и Успенской церковью. На 1887 г. было выстроено 34 каменных дома. В 1918 г. город был переименован в Пошехонье-Володарск, в честь трагически погибшего революционера В. Володарского. Облик города изменился в 1941 г. – произошло изменение ландшафта в связи с созданием Рыбинского водохранилища. Часть центральных территорий города оказалась под водой, появились большие водные пространства, открывшие новые перспективы для транспортных и торговых связей города. В 1992 г. городу вернули название Пошехонье.

«Город семи мостов», «Город пяти рек» – романтические названия Пошехонья, которые дали ему жители. В процессе регенерации необходимо сохранить этот образ «города-сказки», которым хочется поделиться с гостями города. Регенерация исторического центра освежит облик Пошехонья, позволит создать новые точки притяжения для жителей и для туристов, позволит по-новому воспринимать существующее пространство.

На проектируемой территории расположены объекты культурного наследия, что вносит ограничения и визуальные ориентиры в проект. Главными объёмными доминантами площади Свободы являются корпуса торговых рядов, высотными доминантами – ансамбль Троицкой церкви с колокольней.

В работе архитектора с исторической средой существует необходимость учитывать сложившееся функциональное наполнение объектов. Вовлечение новых видов деятельности в существующую среду не должно вызывать диссонанс. Необходимо создать связь нового функ-

ционала с городом, привлекательного для всех возрастных групп. Работа на месте главной визуальной точки набережной – стрелке на слиянии рек Пертомки и Согожи, должна вестись деликатно, чтобы не нарушить и максимально раскрыть панорамный вид, открывающийся на живописные берега реки Согожи и её притоков. При работе с историческим центром необходима реставрация торговых рядов и восстановление исторической ярмарочной функции Советской площади, ранее называвшейся Базарной и служившей одной из главных точек притяжения для горожан и гостей города.

Исходя из всех особенностей, выстраивается функциональная программа регенерации территории:

1. Реставрация торговых рядов и ансамбля Троицкой церкви.
2. Восстановление исторической функции Базарной площади – месте проведения ярмарок и городских мероприятий.
3. Благоустройство зелёной парковой зоны.
4. Благоустройство набережной и территории стрелки на месте впадения реки Пертомки в Согожу.
5. Создание новых спусков к воде и благоустройство существующих;
6. Создание нового причала.

Многофункциональность территории, воссоздание исторического функционального наполнения территории площади Свободы, создание нового облика набережной, смогут не только привлечь жителей города в центр для досуга, отдыха и проведения мероприятий, но и создать привлекательную среду для туристического направления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу о трактовке термина «регенерация» [Электронный ресурс] / В.Р. Кругиус, 2006. URL: <http://www.infoisto.ru/razmyshlizmy/termin-regeneratsiya/> (дата обращения: 24.02.2019).
2. Российская федерация. Законы. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер.закон : [принят Гос. Думой 24 мая 2002 г. : одобр. Советом Федерации 14 июня 2002 г.]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 22.02.2019).
3. История Пошехонья [Электронный ресурс]. URL: <http://xn---8sbnmfccxgbbhewk5d7b.xn--p1ai/istoriya.html> (дата обращения: 22.02.2019).
4. *Архангельский В.В.* По земле Ярославской / В.В. Архангельский. Ярославль: Ярославское книжное издательство, 1960. 190 с.

ПУТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИСЛАМА

Д.А. Малинина, Е.В. Синицына

Научный руководитель – **Е.В. Синицына**, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются пути развития современной исламской архитектуры, а также причины возникновения столь разных подходов к строительству мечетей в наши дни.

Ключевые слова: архитектура ислама, мечеть, современная исламская архитектура.

WAYS OF THE DEVELOPMENT OF MODERN ISLAMIC ARCHITECTURE

D.A. Malinina, E.V. Sinitsyna

Scientific Supervisor – **E.V. Sinitsyna**, Candidate of History,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the development of modern Islamic architecture, as well as the causes of such different approaches to the construction of mosques nowadays.

Keywords: architecture of Islam, mosque, modern Islamic architecture.

Архитектура ислама одна из самых древних и знаковых архитектур мира. Она привлекает своим колоритом и преданностью традициям. В современных мусульманских постройках сложно угадать и то и другое. Богатые орнаменты, арочные своды, симметричные фасады не играют теперь ключевую роль. Архитектура ислама сейчас – это отражение современных веяний и технических требований в зодчестве. Полемика, которая разгорелась в XX в., между сторонниками традиционной и новаторской концепций возведения мечетей, завершилась компромиссом: обе стороны согласились видеть мечеть как «модернистское здание», но с

включением купола и минарета. В наши дни оспаривается необходимость даже в этих, казалось бы, незаменимых элементах.

Причины развития архитектуры в таком ключе нужно искать в самой религии. Для мусульманина храм может служить и один молитвенный коврик, или даже собственное сердце. В то же время Храмом может быть вся Земля («вся земля явлена мне мечетью» – пророк Мухаммед). Согласно современным теологическим взглядам на модернистскую форму мусульманской архитектуры, постройки должны соответствовать понятию бид'а, т.е. обновлению, но с неременной оглядкой на прошлое. Добавим, что ни в одном из источников (ни в Коране, ни в структуре богослужения) нет четкого регламента относительно внешнего вида здания. Традиция сохранила лишь некоторые общие представления, которые свободно тракуются архитекторами, получая в итоге те формы, которые есть.

В наши дни, как и в XX в., существуют два принципиально разных подхода к строительству: 1) основанный на историческом прошлом, и 2) современный (как правило, привнесенный из западной практики). В первом случае важен также вопрос о том, что именно принимается за историю – этническое, региональное, цивилизационное прошлое или какое-либо еще?

Современные мечети помимо новых форм значительно меняют и сам подход к религии и культуре человека, воспитанного согласно исламу (арх. Фарибуз Хатам: «Мои мечети воспитывают новый тип верующих»). Такой социальный и политический контекст влияет на вид мечети значительно больше, нежели желание архитектора изменить традиционную форму здания.

Определенное количество мусульман за последние несколько десятилетий эмигрировали в страны Европы и Северной Америки, они принесли свои традиции и культуру с собой. В связи с этим исламская архитектура имеет следующую классификацию: 1) архитектура мусульманских стран; 2) архитектура завоеванных территорий; 3) архитектура в местах эмиграции мусульман.

Исследования по современной архитектуре мечети говорят о ней, как о гибридной и креолизированной. Строительство мечетей, выйдя на уровень глобальной архитектуры, перестало быть просто культовым сооружением. Это новый тип общественных сооружений, функции и внешний вид которого можно менять в зависимости от идеи – что-то сродни музеям. После работ Райта и Нимейера архитектура мечети стала восприниматься как «интернациональная архитектура».

Нельзя забывать о ранних образцах исламского зодчества, которые служат базовым принципом для современных архитекторов. Их национальные типы и характерные черты прослеживаются в различных араб-

ских странах и успешно продолжают развиваться в Марокко, с изящными мукарнасами, и ОАЭ с претензиями на богатство и помпезностью.

Исламская архитектура в странах Содружества Независимых Государств придерживается опыта прошлого и относится к разряду традиционных мечетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шукуров Ш.М.* Архитектура современной мечети. Истоки / Ш.М. Шукуров. М.: Прогресс-Традиция, 2014. 232 с.

АРХИТЕКТУРА ГОРНЫХ ПРИЮТОВ

С.В. Огурцов, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается типология, особенности проектирования, возведения и основные принципы автономной работы горных приютов.

***Ключевые слова:** горные приюты, энергоэффективная архитектура, быстровозводимые здания, архитектура в горах, горные гостиницы.*

ARCHITECTURE OF MOUNTAIN SHELTERS

S.V. Ogurtsov, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the typology, design features, construction and the basic principles of autonomous operation of mountain shelters.

***Keywords:** mountain shelters, energy efficient architecture, prefabricated buildings, mountain architecture, mountain hotels.*

Горные приюты – это автономные горные хижины, создающие цепь укрытий вблизи туристических и спортивных маршрутов и закрепляющие важные локации горных рубежей. В первую очередь, такие постройки служат подспорьем для альпинистов, обеспечивая их опорными точками и убежищем на случай непогоды. В дополнение, они могут являться базой спасателей во время проведения операций или нести дополнительную функцию маяка и метеостанции.

Как типология, горные приюты преобразовались из пастушьих хижин, переняв у них основную функцию укрытия, аскетичное убранство и удаленное расположение. Но, в отличие от своих прототипов, небольших зданий народной архитектуры из местных материалов, современные

приюты представляют собой высокотехнологичные строения со всевозможными интеллектуальными системами обеспечения и контроля жизнедеятельности строения.

Уникальность рассматриваемой типологии заключается в том, что она ни коем образом не попадает под влияние градостроительного контекста и все характеристики строения: как эстетические, так и инженерные, напрямую зависят от условий размещения, функциональной программы и вместимости здания.

В силу особенностей расположения, горные приюты должны иметь комплекс инженерного оснащения для автономного существования. Он основывается на использовании актуальных энергоэффективных технологий. В целях обеспечения людей питьевой и хозяйственной водой топят лед и собирают дождевую воду в специальные баки, расположенные в здании или под землей ниже глубин промерзания. Потребность в электроэнергии решают применением солнечных батарей и ветрогенераторов, накапливающих энергию в аккумуляторах. Для обогрева жилых помещений используют электричество, печи на жидком и твердом топливе и систему рекуперации тепла при вентиляции. Отходы жизнедеятельности перерабатывают на месте, либо вывозят доступным способом.

Форма хижин является кропотливо выверенным результатом сопряжения принципов энергоэффективного строительства и комплекса технических испытаний, сопровождающих процесс проектирования подобных объектов, таких как: симуляция выпадения осадков, движения солнца, проверки на аэродинамичность и устойчивость.

В виду труднодоступности строительной площадки, доставка элементов здания происходит с помощью вертолета в максимально заводской сборке с поправкой на допустимый к перевозке размер и грузоподъемность вертолета. Некоторые объекты небольшого размера, доставляются на площадку в полностью собранном виде и сразу устанавливаются на подготовленное основание.

В большинстве случаев, конструкция приютов состоит из легкого деревянного каркаса и плотной металлической оболочки, окутывающей всю поверхность постройки и позволяющей зданию, противостоять порывам сильного ветра и условиям агрессивной окружающей среды.

Самые небольшие объекты, из проанализированных горных приютов, состоят из общей комнаты для сна и места для приготовления пищи. В более крупных постройках хижина наполняется несколькими общими и индивидуальными комнатами для сна, кухней, общими залами, мастерскими, складскими и техническими помещениями, санузлами, душевыми, сушилками для экипировки и превращается, по сути, в горную гостиницу. Для эффективного использования и экономии энергии в зимнее время, здания разделяют на отапливаемую и неотапливаемую зону, а

коридорная система, соединяющая их, в дневное время аккумулирует теплый воздух и разносит его по помещениям, помогая экономить на обогреве здания.

Самой ответственной и важной деталью при проектировании горных приютов является размещение входной группы. Из-за обилия осадков, при случайном расположении входа, дверь в здание может попросту завалить снегом. Поэтому входную группу стараются располагать выше обычного и порой, в дополнение к этому, используют постановку самого здания относительно преимущественного направления ветра таким образом, чтобы создать ветряную воронку, расчищающую вход самостоятельно.

Выбор необходимых габаритов приюта зависит от предназначения постройки, труднодоступности и проходимости маршрута у которого он возводится, высоты расположения и размера площадки. Это может быть совсем маленькая хижина для ночлега, размером с гараж на одно машиноместо или полностью оборудованная всем необходимым горная гостиница, сервис в которых курортного уровня.

Горные приюты являются очень важным звеном в типологии горной архитектуры, так как способствуют освоению и исследованию труднодоступных территорий, помогают развиваться альпинизму и туризму, беря под опеку усталых и счастливых покорителей горных вершин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барановский М.И.* Туристические / М.И. Барановский. Москва. Стройиздат, 1976.
2. *Нил Берфорд.* Самодостаточность и новые устойчивые парадигмы: Автономные Альпийские Хижины Европейских Альп /Кристос Какалис, Иван Муньос, Кенни Там // Архитектурное планирование и ландшафт.
3. Monte Rosa Hut / Bearth & Deplazes Architekten [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.archdaily.com/802453>
4. Горный приют Липрус (Leprus) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://etotam.com/?p=3485>
5. Refuge du gouter: self sufficient mountain hut by groupe h [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.designboom.com/architecture/refuge-du-gouter-self-sufficient-mountain-hut-by-groupe-h/>
6. История хижины на краю пропасти [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://alp.org.ua/?p=45282>

УДК 72.036

ИДЕИ СОВЕТСКОГО АВАНГАРДА И СОВРЕМЕННАЯ АРХИТЕКТУРА

Е.Е. Оленева, Е.В. Синицына

Научный руководитель – **Е.В. Синицына**, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе путем сравнительного анализа прослеживается связь между проектами советским авангардом и архитектурой XX–XXI вв.

***Ключевые слова:** советский авангард, современная архитектура, поиск проектного замысла и его реализация.*

IDEAS OF SOVIET AVANT-GARDE AND MODERN ARCHITECTURE

E.E. Oleneva, E.V. Sinitsyna

Scientific Supervisor – **E.V. Sinitsyna**, Candidate of History,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article reveals the connection between the Soviet avant-garde and the architecture of the 20th-21st centuries by means of comparative analysis.

***Keywords:** Soviet avant-garde, modern architecture, search for design intent and its execution.*

Русский авангард в архитектуре – одно из ярких явлений художественной жизни 1900-30^x гг., которое нашло свое реальное воплощение в последующее время и вне авторских прав создателей идей новых проектов.

В ряде работ современных архитекторов угадываются прообразы, открытия и идеи, рожденные в эпоху советского авангарда. Мечтатели авангарда в большинстве случаев не могли воплотить свои идеи в жизнь, они сталкивались с конструктивными проблемами строительства, в настоящее время художественно-композиционная форма их архитектурных работ органично сочетается с функционально-конструктивной основой – именно этого не хватало творцам начала XX в. Знаменитые архитекторы современности такие, как Заха Хадид, Рем Колхас, Норман Фостер, Сти-

вен Холл, Ле Корбюзье, Людвиг Мис ван дер Роэ вновь пользуются геометризованной стилистикой форм и узнаваемыми прототипами русских архитекторов-авангардистов. Обращение к графическим образцам советского авангарда особенно заметно в крупных монументальных сооружениях современных архитекторов.

Путем сравнительного анализа были сопоставлены нереализованные архитектурные идеи русских авангардистов начала XX в. и реальные памятники современной архитектуры. Это позволило проследить наследственную связь авангардной эпохи с сегодняшним днем и показать, что заимствование предшествующих проектных решений и использование известных принципов функционального обеспечения нахождения людей в здании, концепций построения объемов, интеграцию принципов построения, показателей и других характеристик для включения их в иной контекст.

Сравнительный анализ показал, что эскизные проекты советских архитекторов, стали первообразом построек Европы, Америки, Азии XX и XXI вв.

Несомненно, ярчайшим представителем советского авангарда является Яков Черников. Его архитектурные фантазии и по сей день являются эталоном архитектурных концепций, композиционных решений и графических воплощений. Конструктивная архитектурная композиция № 1 «Дворец научно-исследовательской лаборатории легкой индустрии», напоминающая фабрику, с выраженной прочностью и плотной компоновкой, как видно вдохновила японского архитектора Кензо Танге. В его проекте «Центр коммуникаций префектуры Яманаси» можно выявить аналогичный устойчивый метрический ритм из объектов простых форм. Также сходство прослеживается в тектонике форм – один прямой объем с правильными пропорциями разбивается вертикально вытянутым элементом, акцентируя внимание над входной группой.

Еще один из орнаментов Я.Г. Черникова – Композиция № 89 «Надуманная сложная пространственная композиция линейного порядка», – прослеживается в образе торгового комплекса "Ванцзин SOHO", спроектированного Захой Хадид. Три явно выделяющихся объема из основной массы линий в композиции Черникова, нашли неоднозначное отражение в образе «морской гальки» Захи Хадид.

Если говорить о симбиозе творчества Якова Черникова и Захи Хадид, отметим, что дипломный проект Захи Хадид по графике схож с Композициями № 23, 28, 82. В нем также преобладают простые геометрические формы, связанные между собой абстрактными путями, использование контрастных цветов, добавление мелких графических линий в поддержку основных композиционных осей.

В работах Я.Г. Чернихова отражается его виденье городов будущего, в которых композиция основана на связях и пересечениях горизонтальный и вертикальных параллелепипедов, возвышающихся над уровнем земли, в контраст горизонтальному «кресту» идет движение вертикальных мелких объемов на заднем плане. Аналогию можно провести с проектом квартирного комплекса «Башня хэштег» датского архитектурного бюро BIG для города Сеул. Этот комплекс, состоящий из параллельных башен, которые перпендикулярно пересекают мосты на высоте 70 и 140 метров, напоминает архитектурную фантазию Чернихова № 38 «Объединенное сочетание простейших массивов с фермовыми конструкциями. Выявление типа сооружений на стойках – колоннах. Уравновешенное сочетание зданий между собою».

Опорным толчком для появления авангарда было становление супрематизма, как художественного направления. Ярким представителем этого течения был Казимир Малевич. Его творчество было основано на комбинациях плоскостей несложных геометрических форм: квадрат, прямоугольник, круг, треугольник. Известный архитектор Малевича – это вертикальная, многоуровневая композиция, где членение башни происходит путем «выдавливания» более мелких объемов из крупного вертикально вытянутого объема. Тектоника архитектора прослеживается в известном Эмпайр-стейт-билдинг, спроектированном Уильямом Лэмбом.

Еще одним выдающимся представителем авангарда был Иван Леонидов. Большое значение в процессе развития конструктивизма сыграл его широко известный преддипломный проект здания типографии газеты «Известия». В этом проекте выявилось новаторское понимание Леонидовым остекления здания: он использовал призматические целиком остекленные небоскребы. Его проект – это вытянутая вертикальная призма, имеющая лишь один уступ наверху, являющийся завершением композиции. Эта призма целиком остеклена и Леонидов специально подчеркивает, выявляет ее каркас. Вновь к идее призматического остекления он возвращается в своем дипломном проекте института Ленина. Композиция этого здания состоит из нескольких объемов: большой застекленный шар и вертикально вытянутая призма, застекленная с двух широких сторон и глухие фасады по боковым фасадам. Еще одним интересным для нашего исследования проектом Леонидова является проект «Наркомтяжпрома», состоящий из трех вертикальных башен на едином стилобате. Одна башня, в форме параллелепипеда, имела полное панорамное остекление; вторая башня, гиперboloид, построить которую Леонидов планировал целиком из стеклянного кирпича; третья башня была запланирована в виде трилистника. Подобная идея панорамного остекления воплотилась в небоскребе Сигрем-билдинг (Нью-Йорк) архитектора Мис ван дер Роэ, где

ярко выявлен металлический каркас, а пространство внутри каркаса остеклено, и в небоскребе 330 North Wabash (Чикаго).

Другая яркая аналогия прослеживается между преддипломным проектом Леонидова и формами проекта Инновационного технологического центра «Comcast» Нормана Фостера. Также совокупность идей Леонидова мы видим реализованными в проекте «Башня Tornado Tower» высотой 300 метров. Здесь и гиперboloидная башня, в которой применена сетчатая структура, как в проекте «Наркомтяжпрома» и остекленная призма и шар.

Нельзя не заметить, что авангардные идеи возрождаются не только зарубежными архитекторами, но и на своей родине. Так, одной из популярнейших идей советского авангарда является идея дома-коммуны Н.Кузьмина. И М. Гиндзбург реализует ее в проекте дома переходного типа «Дом Наркомфина». Вместо одинаковых квартир, сложенных из типовых панелей, конструктивисты разрабатывали различные типы ячеек, комбинации которых должны были формировать разнообразные жилые пространства. Стремясь сэкономить пространство, архитектор создает квартиры в которых гостиные имеют высокий потолок(3,5м), а спальни с низкими потолками(2,25м) располагаются друг над другом. Так удалось вынести коридор в пространство между двумя квартирами, тем самым вытеснив его из общего объема. В 2016 году по согласованию с Департаментом культурного наследия города Москвы началась полномасштабная реставрация Дома Наркомфина. В бывшем коммунальном блоке будет располагаться коммерческая инфраструктура для жителей комплекса. Было создано 44 уникальные двухуровневые квартиры, архитекторы сохранили даже идею эксплуатируемой кровли, сделав на ней общественное пространство. Так «Дом Наркомфина» из общежития для рабочих превратился в жилье премиум-класса.

Подводя итоги, хочу отметить слова С.О. Хан-Магомедова, справедливо констатировавшего, что авангард в его новой художественно-композиционной стилевой системе прошёл красной нитью через XX век и перешёл в XXI столетие. В ходе анализа стало понятно, что современные архитекторы не утратили интерес к авангардным идеям, активно применяя эти проектно-композиционные решения в своих работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Из истории советской архитектуры. Документы и материалы. 1917–1925. М.: Изд. АН СССР, 1963. 250 с.
2. Страницы истории советской художественной культуры: 1917–1932 / Ред. А.Я. Зись. М.: Наука, 1989. 258 с.

КОНВЕРСИЯ ТЕРРИТОРИИ ТУТАЕВСКОЙ ЛЬНЯНОЙ МАНУФАКТУРЫ

Н.В. Смирнов, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуется подход к регенерации промышленных территорий на примере Тутаявской льняной мануфактуры

Ключевые слова: промышленные территории, конверсия, реконструкция, ткацкая фабрика, изменение функции, многофункциональное общественное пространство, открытое пространство, лофт.

CONVERSION OF THE TERRITORY OF THE TUTAEV FLAX FACTORY

N.V. Smirnov, A.A. Bulatova, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article researches approaches to the regeneration of industrial zones, using Tutaev flax factory as a basis.

Keywords: industrial zones, conversion, reconstruction, flax factory, variation of a function, multifunctional public space, museum function, open space, loft.

Город – это постоянно трансформирующаяся сложноорганизованная структура. Изменения ткани города: его функционального зонирования и общей архитектурной эстетики застройки вызваны техническим и технологическим развитием; социальными, экономическими и экологическими причинами. Эту тенденцию проще всего проследить на примере преобразования промышленных территорий XIX вв. Изначально расположенные на периферии города вследствие его расширения они перемещаются ближе к центру и обрастают новой тканью жилой застройки спальных районов. Теряют свою актуальность сложившиеся транспортные связи, пути доставки сырья на производство становятся раздражаю-

щим фактором для размеренного течения жизни бывших пригородов. Кроме того, меняющееся технологическое оснащение комплексов приводит к деформации объемно-планировочных решений зданий, превращая изначально визуально целостный образ в архитектурную свалку.

В таких условиях у городских властей и собственников производства не остается иного пути, как произвести конверсию устаревшей индустриальной функции, чтобы придать новый смысл заброшенным и нерентабельным территориям. Необходимо наполнить запущенные и депрессивные пространства актуальной функциональной программой, способной не только удовлетворить интересы жителей окружающих кварталов, но и создать плодородную почву для экономического развития и привлечения инвестиций на общегородском уровне. Основой новых пространств становится совокупность жилой, общественной и деловой функций, пронизанное развитой сетью пешеходных маршрутов с парковыми и рекреационными зонами, создающими необходимое движение на территории.

В настоящее время конверсия старых промышленных комплексов является установившейся практикой. Это объясняется рядом преимуществ таких территорий: визуальная составляющая внешнего и внутреннего облика старых промышленных зданий; большие площади комплексов; улучшение экологической ситуации вследствие перемещения промышленной функции из центра города; улучшение инфраструктуры и видов социальной активности для горожан; появление нового туристического объекта и точки притяжения для жителей города.

Примером конверсии производственной функции в деловую является лофт-квартал Даниловская Мануфактура в Москве, созданный на основе ткацкой фабрики. Другим подходом к освоению территории воспользовались авторы лофт-квартала «Мануфактура» в польском городе Лодзь. При схожем историческом наполнении территории, здесь в процессе реновации на базе фабрики появился популярный торговоразвлекательный центр. Более комплексно к решению данной задачи подошли архитекторы бюро «Меганом» при проектировании ЖК Lucky, где кроме преобладающей жилой функции запланированы социально-культурная и деловая, что обеспечивает конкурентоспособность строящегося квартала.

В процессе исследования методов и подходов конверсии промышленных территорий, мы выработали стратегию по работе с похожими пространствами и апробировали ее на проекте реновации комплекса Тутаевской Льянной мануфактуры, расположенной на правобережной стороне Тутаева, районного административного центра Ярославской области.

Комплекс Тутаевской Льняной мануфактуры находится в границах исторического центра города, насыщенного туристическими маршрутами и объектами культурного наследия, и завершает панораму волжской набережной, которую в данный момент планируется реконструировать. Кроме того в Тутаеве предполагается строительство канатной дороги, соединяющей два берега города, что создаст новый пешеходный маршрут, проходящий через территорию фабрики, и повысит ее экономический потенциал.

Построенный в 60-е годы XIX века, комплекс льняной мануфактуры включает ряд исторически ценных объектов – выявленных памятников архитектуры. Застройка территории представляет собой кирпичную эклектику, характерную для промышленной архитектуры того периода. Детализовка хорошо сохранилась, однако, на отдельных участках в советскую эпоху появились диссонирующие пристройки и инженерные коммуникации, искажающие визуальный облик зданий.

В основе подхода лежит признание доминирующей ценности исторической среды в целом – территории объектов историко-культурного наследия с их окружением («групповая охранная зона»). Отдельные корпуса мануфактуры являются выявленными памятниками архитектуры, однако, что более важно, здесь доминирует не уникальность каждого из них, а единый исторически сформировавшийся ансамбль комплекса.

Большие площади зданий позволяют приспособить их под любое наполнение, не нарушая визуальной целостности мануфактуры, а сложившийся генеральный план дает возможность разграничить разные функции для их комфортного сосуществования. Диссонирующие пристройки сносятся, для сохранения полезных площадей возводятся отдельные стилистически нейтральные объемы из стекла на металлическом каркасе. Эти локальные объемы также закрывают участки фасадов с утраченной детализовкой, что позволяет очистить облик корпусов, при этом не фальсифицируя историю.

Функциональная программа территории состоит из следующих компонентов:

1. Жилая функция. Она располагается ближе к Волге, образуя небольшую внутреннюю улицу, заканчивающуюся двориком, что позволит разместить здесь функции, требующие большего уединения.

2. Общественная функция. В ее основе лежит формирование нового туристического маршрута на территории – «главной улицы». Эта ось насквозь проходит через квартал комплекса, связывая Комсомольскую улицу с точкой начала проектируемой канатной дороги. Сложный вертикальный рельеф участка позволяет разделить ее на два уровня, отделив транзит от зон кратковременного отдыха. На верхней площадке располагаются общественные функции: гостиница, выставочно-деловой центр,

открытые пространства; на нижней площадке разместились кафе, мастерские и магазины.

3. Деловая функция. Этот компонент функциональной программы представлен отдельными корпусами, выделенными для аренды помещений в качестве офисов. В данный момент в этих зданиях расположены административные помещения мануфактуры, что облегчает их дальнейшую реновацию.

4. Рекреационная функция. Находящийся на территории пустырь преобразовывается в новую парковую зону, где появится возможность проводить городские праздники и ярмарки. На базе существующего пруда, появляется новое рекреационное пространство, включающее криволинейные ландшафты, которые подчеркнут строгую композиционную структуру мануфактуры. На берегу Волги предлагается разместить причал для речного трамвая, продлив уже существующий его маршрут и создав новое направление туристического потока и транспортную связь с историческим центром Ярославля.

В функциональную программу нового комплекса также включены детский сад, спортивный центр, супермаркет, необходимые для обеспечения комфортного проживания, зона коворкинга и музей фабрики.

Суть нашего подхода заключается в восприятии территории как многофункционального квартала, без доминирования какой-либо функции. Помимо взаимодополняющих жилой, деловой и общественной функции, мануфактура, являясь историческим объектом, рассматривается и как один из возможных туристических центров города. Разнонаправленность и многофункциональность этой территории, воссоздание исторически достоверного архитектурного облика корпусов смогут не только создать привлекательное для туристов место, но и привлечь новые инвестиции в город, дав импульс новому этапу его развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелова Д. Трубы Версаля [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archi.ru/russia/82440/truby-versalya>
2. Кондратьева С. Как превратить закрывшийся завод в самое живое место в городе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://strelka.com/ru/magazine/2017/01/31/lodz-case>
3. Золотых М.А. Реновация промышленных зон в современных условиях города [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://saf.petsu.ru/journal/article.php?id=1183>
4. Arch:speech. Как реставрировать руину: новые подходы к старым проблемам [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archspeech.com/article/kak-restavrirovat-ruinu-novyie-podhody-k-starym-problemmam>

ТРАДИЦИОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВЕРХНЕЙ СВАНЕТИИ

А.Д. Тихомирова, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается понятие традиционная архитектура Верхней Сванетии, история формирования жилых и оборонных комплексов, описание быта, конструктивные особенности сооружений и современные проблемы сохранения уникальных исторических памятников.

Ключевые слова: древняя архитектура Грузии, история, средневековая архитектура, приспособление и реконструкция, традиции сванов, быт сванов, горная архитектура, фортификационная архитектура, башни.

TRADITIONAL ARCHITECTURE OF UPPER SVANETI

A.D. Tikhomirova, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores the concept of ancient architecture of Upper Svanetia, Georgia; the history of the formation of residential and defense complexes, a description of everyday life, the design features of buildings and the current problems of preserving unique historical monuments.

Keywords: ancient architecture of Georgia, history, Middle Ages architecture, adaptation and reconstruction, traditions of Svans, everyday life of Svans, mountain-located architecture, fortification architecture, towers.

Древняя архитектура Верхней Сванетии представляет собой изолированный горными массивами ансамбль, состоящий из старинных родовых усадеб, сторожевых башен и миниатюрных церквей.

Верхняя Сванетия – северо-западная окраина Грузии, отгороженная от всего света величественными горами Кавказского Хребта, долгое время оставалась недоступной. Такая изоляция сыграла большую роль в

формировании и сохранении древней архитектуры. Возраст древнейших построек Сванетии насчитывает больше десяти столетий, а самой молодой башне около 700 лет. Пик строительства в этом регионе пришёлся на Золотой век Грузии примерно XI-XII века. В это время общество состояло из родовых общин, воевавших не только против иностранных захватчиков, но и между собой. Поэтому внешние горные поселения походили на каменные крепости со сторожевыми башнями, и нередко обносились стенами. Каждая семья в общине возводила свой комплекс построек для жилья, наблюдения и обороны, построенный преимущественно из камня с расчётом на то, чтобы его нельзя было поджечь.

Родовая усадьба представляет собой сложную связку жилых и хозяйственных помещений, собранных под одной крышей, но расположенных на разных этажах. Основной жилой постройкой является каменный дом-крепость. Об особенностях старого сванского быта можно узнать, рассмотрев дом Николоза и Сары Хергиани в Лехтаге. Он состоит из двух этажей и подвала. На нижнем уровне располагается главная комната-зала, называемая «мачуб». Её площадь около 70-80 квадратных метров, имеет только одну узкую бойницу-окно. В центральной части находится очаг, вокруг которого зимой располагалась вся семья. Над очагом на деревянных брёвнах висит каменная плита из сланца, на потолке находятся небольшие отверстия для выхода дыма в верхнее помещение и затем через крышу. Вдоль стен в стойлах и загонах, содержится скот. Он отгораживается невысокой деревянной перегородкой с арочными проёмами, украшенными резьбой. Изнутри на перегородку устанавливаются ясли, таким образом, животные свободно заглядывают в людские помещения. Скот всегда находился подле людей, зимой жить так было теплее, и в случае нападения скот нельзя было увести со двора. Мачуб делится на мужскую и женскую половины: с мужской стороны располагаются инструменты и орудия труда, боевое оружие, рога убитых туров; на женской помещаются вещи домашнего обихода, посуда, татский станок и другая быденная утварь. Комната второго этажа набивается на зиму запасами сена, там же хранятся до весны сельскохозяйственные орудия и примасы, летом здесь спят члены семьи. В нижнем этаже сванского дома нередко есть нежилое помещение, которое используется как подвал или подземелье, стены которого сложены из булыжников достигающих 2 метров. Также нужно обратить внимание на убранство сванского дома. Деревянное резное кресло старшего мужчины и резная скамья со спинкой – его кровать, очаг с медными котлами, которые вешались на кованую очажную цепь, лари для зерна, сундуки для одежды, кованые витые светильники – подставки для лучины. Всё это украшено традиционными орнаментами и скульптурами в виде воловьих голов, лошадиных или турьих. Стены дома снаружи украшались рогами туров.

Неотъемлемой частью родового дома является башня-это отличительная черта местной архитектуры, обусловленная исторически сложившейся потребностью в обороне и защите. При нападении там укрывалась семья и скот, прятались запасы и ценные вещи. Башни высотой 20-25 метров почти всегда связывались с домом каменным или деревянным переходом. Эти строения были возведены из речного булыжника, громадных размеров до 1,5-2 метра, уложенного на известковом растворе без использования железа (что в последствии послужило отличительной особенностью для определения истинного возраста, так как железо начали использовать в более позднем строительстве). В плане башня представляет собой квадрат сужающийся кверху, основание, которого около 5-6 метров. Башни встречаются четырех, пяти и реже шести этажные. Основанием башни служит бутовая кладка, после которой на высоте 5-7 метров располагается первый этаж. Основания стен очень массивные и могут достигать 1.5 метра толщиной. В верхней части толщина стен составляет 70-80 см. С этажа на этаж поднимались по лестнице-бревну, которое втаскивали за собой, так как отверстия в перекрытии не были расположены друг над другом. Окна на каждом этаже представляли собой узкие щели, расположенные со стороны входа в башню. На верхнем этаже располагалась площадка с бойницами, перекрытая двускатной крышей. Верхние проёмы обрамлены арочным выступом и представляют собой машикули – выступающие бойницы, что также является своеобразной чертой сванских башен.

Наряду с башнями, принадлежащими отдельным семьям, сооружались и отдельно стоящие сторожевые башни, располагающиеся на возвышениях. Их высота достигает 28 метров, а стороны квадратного основания иногда превышает 7-8 метров. В башнях не было ни каминов не печей, поэтому долгое проживание в башне особенно зимой не представлялось возможным.

Время идёт и современные уклад жизни приходит даже в такие отдалённые уголки, принося с собой новый уклад жизни. Сейчас главной проблемой для памятников Сванетии является приспособление их под нужды хозяев. Все комплексы обрастают диссонирующими пристройками. Пропадает истинный вид величественных построек. В данный момент очень редко можно увидеть нетронутый внешний вид каменных строений на фоне горного ландшафта. Но в наших силах показать, как можно приспособить древнюю архитектуру под современные реалии, подчеркнуть её аутентичность и сохранить романтизм пейзажа Верхней Сванетии. Необходимо тактичное и бережное применение современных материалов. Новые конструкции и объёмы-включения следует делать фоновыми, нейтральными, исключаящими любую фальсификацию исто-

рии. Новая архитектура должна визуально сливаться с характером местности и подчёркивать древнюю архитектуру местных построек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лежава Г.И.* Архитектура Сванетии / Г.И. Лежава, М.И. Джандиери. Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
2. *Кузнецов А.А.* Внизу Сванетия / А.А. Кузнецов. Изд-во. ЦК ВЛКСМ Молодая Гвардия, 1971.
3. *Кузнецов А.А.* Верхняя Сванети / А.А. Кузнецов. М.: Изд-во Искусство, 1974.
4. *Шаншиев З.* По Сванетии: Путевые очерки / З. Шаншиев. Тифлис: Заккнига, 1931.
5. *Волкова Н.* Бытовая культура Грузии XIX-XX веков: традиции и инновации / Н. Волкова, Г.Н. Джавахишвили. Изд-во НАУКА, 1982.
6. *Гадло А.В.* Этнография народов Средней Азии и Закавказья: традиционная культура: Учебное пособие / А.В. Гадло. СПб, 1998.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ АЭРОПОРТОВ И ПОПЫТКИ ИХ РЕШЕНИЯ

Е.С. Шарыгина, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, канд. архитектуры,
профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается понятие аэропорта, современные проблемы пространства пассажирского терминала, а также примеры в мировой и российской практики решения таких проблем и улучшения качества внутренней среды для пассажиров.

***Ключевые слова:** аэропорт, внутренняя среда, функциональное наполнение, современная архитектура, архитектура будущего, пространство, идентичность, взаимодействие человека с пространством.*

PROBLEMS OF MODERN PASSENGER AIRPORT TERMINALS AND ATTEMPTS AT THEIR SOLUTION

E.S. Sharygina, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the concept of the airport, modern problems of the passenger terminal space, as well as examples in world and Russian practice of solving such problems and improving the quality of the internal environment for passengers.

***Keywords:** airport, internal environment, functional content, modern architecture, future architecture, space, identity, human interaction with space*

Аэропорт представляет собой огромный комплекс из ангаров, терминалов, пассажирских и грузовых, командно-диспетчерских пунктов и аэродрома со взлетно-посадочными полосами. Очевидно главным зданием этой системы является пассажирский терминал, как правило представляющий собой огромное здание, являющееся местом работы службы организации пассажирских перевозок, ежедневно пропускающее через

себя немалое количество людей. В настоящее время терминал представляет собой не только пункт посадки на самолет, но и масштабный торгово-развлекательный комплекс. За счет круглосуточной работы и больших потоков людей терминал обладает высоким торговым потенциалом.

В современных аэропортах существует немало проблем. Во-первых, существует проблема безопасности: с одной стороны, многочисленные проверки, с другой – нет полной эффективности в предотвращении терактов. Во-вторых, есть проблема транспортная: сложно сесть на транспорт ночью, отсутствует общественный транспорт, помимо аэроэкспресса. В-третьих, в большинстве аэропортов негде комфортно сидеть и спать. Помимо этого, зачастую здесь пассажиру скучно и нечем заняться в ожидании отлета. Также одной из проблем является неравномерное распределение потоков людей, приводящее к очередям, что является источником стресса для пассажиров.

Основная проблема, на мой взгляд, заключается не в технологических процессах, так как с течением времени с помощью новых технологий с ними можно будет справиться. Аэропорт сам по себе представляет среду, некомфортную для человека. Она чужеродна человеческим исторически сложившимся установкам. Аэропорт является местом, через которое ты проходишь, но с которым ты не взаимодействуешь. Это не то место, где можно находиться, это транзитное пространство, через который нужно пройти.

Марк Оже, французский антрополог, в своем труде «Не-места. Введение в антропологию гипермодерна» вводит понятие «не-место», которое в полной мере характеризует аэропорт с точки зрения его влияния на человеческие эмоции и пространственные переживания. Противоположное понятие «место» описано как место идентичности, отношений и истории. «План дома, правила проживания, кварталы в деревне, алтари, общественные места, разграничение земли соответствуют в жизни каждого совокупности возможностей, предписаний и запретов» (Оже Марк. С. 26) «Место» имеет геометрическую основу, состоящую из маршрутов, осей и дорог, проложенных людьми, образованные пересечения: узлы и площади, на которых собираются жители, а также крупные политические и религиозные центры. «Столь же важна и история, поскольку все отношения, вписанные в пространство, также имеют продолжительность, и простые пространственные формы <...> обретают конкретность лишь во времени и с течением времени» (Оже Марк. С. 28)

«Не-место», напротив, является не определенным ни через идентичность, ни через связи, ни через историю. Они создают не социальные связи, а «уединение по договоренности» Среда взаимодействует с человеком искусственным путем через указания и инструкции. Одинокий и не отличимый от остальных пользователь вступает в некий договор с «не-

местом», на время принимая единую идентичность пассажиров и освобождая себя от повседневной реальности и хлопот.

Однако для человека свойственно обживать пространство, в котором он находится. Главный герой фильма Стивена Спилберга «Терминал» Виктор Наворски в силу политических причин был вынужден долгое время находиться в стенах транзитной зоны аэропорта. С самого начала зрителю становится понятна чужеродность среды аэропорта для проведения неопределенного срока Виктором в его стенах. Он переделывал пространство под себя, ломая и передвигая кресла в зале ожидания, создавая укромные уголки. С течением времени зрителю становится видно, что в стенах этого «не-места» протекает своя жизнь, работники всех служб образуют небольшое общество со своими традициями, сплетнями и историями. Видно естественное стремление на разных уровнях подчинить себе это большое «не-место» и создавать свои небольшие «места». В этом и заключается конфликт современного аэропорта и пассажира, отсюда и проблема.

В некоторых современных аэропортах создаются условия для комфортного нахождения в них пассажиров, а также осуществляются попытки внедрить «тысячелетние уловки по изобретению повседневности и искусству делать» (Оже Марк. С. 36), дающие иллюзию причастности пространства данного терминала к определенной местности.

Создаются условия для комфортного ожидания полета и досуга: удобные залы ожидания, библиотеки, детские комнаты и площадки. Например, в аэропорту Схипхол в Амстердаме расположены многочисленные зоны отдыха, отличающиеся по конфигурации и оформлению, некоторые из имитируют городскую площадь. На крыше терминала оборудована терраса, где можно отдохнуть и погреться на голландском солнце. Для транзитных пассажиров есть небольшие отели. В некоторых терминалах почувствовать себя «как дома» можно в прямом смысле. Администрация аэропорта Вантаа в Хельсинки решила создать зону отдыха, полностью напоминающую городскую квартиру. Этот зал состоит из нескольких спален, есть кухня, ванная, гостиные, столовые. На кухне есть все необходимое для приготовления пищи, а в холодильнике можно взять любые продукты для обеда. Для детей – специальные игровые комнаты. Семья или компания может арендовать этот зал на 3 часа за 45 евро. Подобная услуга есть в аэропорту Платов в Ростове-на-Дону, здесь можно забронировать одну из трех индивидуальных комнат: на одного человека, семью или большую компанию.

Существуют примеры, когда в аэропортах создаются иллюзии национальной идентичности внутри терминала за счет декораций и объектов инфраструктуры. Например, в сингапурском Чанги возвели гигантский медиаэкран с видами Сингапура и других азиатских стран. Также

был оформлен «перанаканский фасад» - имитация архитектуры кварталов, в которых селились китайские иммигранты и их потомки. В пекинском аэропорту Дасин (архитектора Захи Хадид), который откроется в сентябре 2019 г., в каждом из его «рукавов» (расходящихся от центрального ядра) будет своя тематическая обстановка, посвященная какому-либо культурному явлению Китая: шелкографии, чаю, фарфору, китайским садам. В аэропорту Платов все точки продаж оформлены в виде домиков с двускатной зеленой крышей. По всему аэропорту проходит экспозиция интерактивного музея, которая знакомит пассажира с историей Донского края. Также в зоне вылета расположена экспозиция, представляющая собой замкнутую в кольцо конструкцию, внутри которой на экране представлен ролик о донских казаках. Такие развлечения внедряются, чтобы разбавить интернациональность среды «не-места» и добавить ощущение связи пассажира с местностью, в которой он находится.

В настоящее время подобные меры применяются далеко не во всех аэропортах, но показывают, каким образом можно работать с современными проблемами пассажирских терминалов. В будущем аэропорты будут и дальше развиваться в данном направлении, постепенно наращивая инфраструктуру, и, учитывая рост пассажирооборота, станут центрами новых градостроительных образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оже Марк*. Не-места: введение в антропологию гипермодерна / Пер. с франц. А.Ю. Коннова. М.: Новое литературное обозрение, 2017. 55 с.
2. *Стеблева О.* 8 проблем российских аэропортов и их решения в других странах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.the-village.ru/village/city/abroad/119548-8-problem-rossiyskih-aeroportov-i-ih-resheniya-v-drugih-stranah> (дата обращения: 28.02.2019).
3. *Варламов И.* Идеальный аэропорт: каким он должен быть? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://varlamov.ru/2906767> (дата обращения: 28.02.2019).1

УДК 72.026

МОДА, ВДОХНОВЛЕННАЯ АРХИТЕКТУРОЙ

Д.С. Григорьева, А.В. Тингаева, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, канд. архитектуры,
профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние архитектуры на модные дома, связь исторического периода и социального уклада общества.

Ключевые слова: архитектура; мода; дизайн; стиль; архитектор; модные дома; эпоха.

FASHION INSPIRED BY ARCHITECTURE

D.S. Grigorieva, A.V. Tingaeva, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores the influence of architecture on fashion houses, the relationship between the historical period and the social order of society.

Keywords: architecture; fashion; design; style; architect; fashion houses; historical period.

*La mode est de l'architecture: c'est une question de proportions
Coco Chanel*

Неразрывная связь между человеческим телом и архитектурой существует со времен знаменитого рисунка витрувианского человека, сделанного Леонардо да Винчи. Тело, искусство и архитектура вызывают к гармонии пропорций, а красота всегда была результатом гармонии пропорций геометрических форм. О стиле же можно судить по подобранным цветам, материалам, нюансам и деталям. Мода и архитектура связаны между собой, поскольку им свойственно улавливать любые изменения: изменения в городской среде, изменения духа и вкуса, а также вещей.

Мода «укрывает» человеческие тела, а архитектура «облачает» собой места, площади и кварталы. Все тесно связано между собой.

Связь архитектуры и моды начала ярко проявляться с ростом городов, когда верхушка общества перестала ограничивать свой досуг за стенами замков. Существует точка зрения, что мода – это «изобретение» городских жителей, которое в XIV в. появилась в Италии. Городская мода проявлялась как смена тенденций, которые не зависели от внешних факторов, но за пределами города выбор одежды для человека напрямую зависел от его рода деятельности и должен был в первую очередь быть практичным. Так до середины XIX в. сельские жители не думали о моде в принципе, несмотря на то, что урбанизация коснулась четверти населения мира и машины сделали моду доступнее.

На вкус и моду прямое влияние оказывает среда со своими правилами. В черте города костюм человека являлся интерпретацией дома, в котором тот жил, а также отражал образ жизни человека. С течением времени, возникла необходимость в общественных местах, что повлекло за собой изменения в обеих сферах. Торжественный вид площадей, улиц, палаццо и образ жизни, который диктует лишь выход в церковь, свело на нет необходимость в практичных вещах или элементах декора.

Взаимодействие моды и архитектуры достигло пика в конце XIX – начале XX вв., когда в расцвете был модерн, а после и арт-деко. Архитекторы того времени экспериментировали с дизайном не только женской, но и мужской одежды. Петер Беренс открывает свой магазин «Adam» в котором впервые представлена яркая и ироничная одежда для мужчин, а Анри ван де Велде разрабатывает эскизы костюмов для себя и своей жены. Архитектура той эпохи лаконична, лишена декора: только чистые линии, простые формы, открытые планы и перетекающие друг в друга пространства. В моде это отражает Поль Пуаре. Он освобождает женщин от корсета, а позднее одевает в брюки и ампирные платья, которые давали свободу движениям.

Строительными материалами не только вдохновился, но и пустил в дело, по образованию архитектор, Пако Рабани. Он является одним из главных дизайнеров 60-х гг. и знаменит своими экспериментами с нетипичными для моды материалами – бумагой, пластиком и металлом, которые сшивались не с помощью иголок и ниток, а в ход шли плоскогубцы, отвертки и молотки. Тем не менее, все используемые материалы, не смотря на их непластичность, подобно тканям, повторяли линии тела. Платье Пако Рабани не было прообразом архитектуры, а наоборот стало вдохновением для здания универмага Селфридж в Бирмингеме. «Многие архитекторы боятся попасть под влияние моды, но неосознанно впитывают ее. Мода слишком влиятельна, и она всегда в поиске новых форм и мате-

риалов. Это как раз то, чего не хватает традиционным архитектурным подходам» [1].

В то же время, совершенно неудивительно, что балаклава Пьера Кардена (1967) так похожа на терминал аэропорта Джона Кеннеди в Нью-Йорке, построенного в 1956-62 гг. американским архитектором Ээро Саариненом.

Кристиан Диор совершает революцию в мире моды и открывает свой модный дом в середине прошлого столетия. Он вводит в моду новую форму и женский силуэт, разработав конструкцию платья, следуя принципам архитектуры.

Подходы к решению задач, принципы формирования, выразительные средства что у архитекторов, что у дизайнеров одежды схожи и основываются на трех столпах «польза, прочность, красота» [2]. Идеи, образы и терминология также одинаковы. Том Форд говорил, что «и одежда, и здания – оболочка, в которой живет человек» [3].

Современная мода не исключение: сознательно или нет, но дизайнеры периодически обращаются за вдохновением к архитектуре. Модные гиганты, такие как Пьер Бальмен и Жанфранко Ферре, даже происходят из архитектуры. Бальмен был полон энтузиазма по поводу включения архитектурных элементов в свои проекты, заявив, что «пошив одежды – это архитектура движения». Отличительными чертами моды, вдохновленной архитектурой, являются преувеличенные пропорции и крутые углы, а также особое внимание к конструкции и формам. Чтобы создать трехмерный архитектурный облик, ткани часто обрабатывают путем складывания и наслоения, чтобы получить конечный эффект. В наши дни такие модные дома, как Баленсиага (Balenciaga), Маркейза (Marchesa) и Клои (Chloé), включили в свои коллекции острые архитектурные узлы. Будь то современная работа Фрэнка Гери для Баленсиага или тонкие детали арабской архитектуры для Клои, каждый дизайнер интерпретирует свое архитектурное вдохновение, чтобы соответствовать своему индивидуальному стилю.

Заха Хадид, экспериментировала в мире моды, привнося элементы, напоминающие ее собственные здания в дизайнерские проекты. В 2006 г. она представляет свой вариант сумки для Луи Витон (Louis Vuitton). Здесь прослеживаются мягкие кривые линии Центра Гейдара Алиева в Баку, а рельефные логотипы «LV» отсылают к концертному залу Бетховена в Бонне. Футуристические туфли, созданные в коллаборации с Юнайтед Нюд (United Nude), находят отклик в «слоях» здания Гонконгского Политеха.

То, что меняет облик города, способно изменить и облик человека. Совместная работа Захи Хадид с креативным директором модного дома Шанель Карлом Лагерфельдом (2008 г.) представила передвижной вы-

ставочный павильон, посвященный одной вещи – легендарной стеганой сумочке на цепочке "2.55". Заха Хадид работала и с другими не менее известными брендами как Фенди и Лакост.

Для дизайнера из Токио Ясутоши Эзуми архитектура стала не только вдохновением, но и послужила эскизами для платьев. Он воплотил из ткани архитектурные проекты Френка Гери. Цитаты Гери были активно использованы на показе моделей и шли фоном для дефиле.

В ярких платьях коллекции Dolce & Gabbana весна-лето 2012 г. можно уловить аллюзию на ночную иллюминация готического Реймского собора. Возможно собор в Реймсе не был в действительности музой этой коллекции, но иногда ранее увиденные образы всплывают в памяти неосознанно. Для французского модного дома Клои вдохновением для летней коллекции стали традиционные элементы арабской архитектуры. Полупрозрачные кружева стали отражением арабески и витиеватого орнамента из геометрических фигур.

Мода становится отражением уклада жизни общества, культурных кодов, характерных для конкретного временного периода. Это же можно сказать и об архитектуре: «Архитектура – тоже летопись мира: она говорит тогда, когда уже молчат и песни, и предания» (Н.В. Гоголь).

Несмотря на отличие функций моды и архитектуры, они сходны в выразительных решениях и становятся способ вызвать чувства, переживания, эмоциональное отношение человека. Оба направлены на то что бы создать комфортную среду для человека, обеспечить возможность выразиться как целому социальному звену строящему свой «лучезарный город», так и отдельному индивиду в масштабах личной визуальной культуры.

Тенденции визуальных образов, предлагаемых каждый год модными домами, новые тенденции в архитектуре – это не только модные штампы на предстоящий «сезон», но и отражение новых культурных ценностей в обществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курс лекций по дисциплине «Архитектоника объёмных форм» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://do2.gendocs.ru/docs/index-422622.html> (дата обращения: 17.03.2019)
2. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Пер. Ф.А. Петровский. М.: Изд. Юрайт, 2019. 318 с.
3. Журнал Vogue. № 3, март 2002. С. 292-294.

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ГАЗОННУЮ ТРАВУ

Н.А. Кудрявцева, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние традиционных противогололедных реагентов на газонную траву, которую высаживают вдоль проезжей части

Ключевые слова: противогололедные реагенты, газонная трава

INFLUENCE THAWING REAGENTS HAVE ON THE LAWN GRASS

N.A. Kudryavtseva, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the influence of traditional thawing reagents have on lawn grass, which is planted along the traffic way.

Keywords: thawing reagents, lawn grass

Эффективность противогололедных материалов зависит от нескольких факторов, главными из которых являются: температура заморозки и концентрация растворов, плавящая способность, расход реагентов, вязкость растворов, коррозионная активность. Но все знают, что идеальных реагентов нет. У каждого есть свои плюсы и минусы.

Все противогололедные реагенты должны быть сертифицированы, иметь паспорт безопасности и быть безвредными для экологии и здоровья и удовлетворять следующим основным требованиям:

- Снижать точку заморозания воды при отрицательных температурах;
- Быстро взаимодействовать и плавить снежно-ледяные отложения;

- Не повышать скользкость дорожного покрытия до опасных значений;

- Не вызывать вредного воздействия на дорожные покрытия;

- Не угнетать зеленые насаждения.

При использовании противогололедных реагентов (ПГР) для обеспечения безопасности движения автотранспорта и пешеходов возможно следующее негативное воздействие на окружающую среду:

- загрязнение атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками (специализированный транспорт, распределяющий ПГР);

- химическое загрязнение земель в результате превышения рекомендуемых норм использования ПГР, а также нерегламентированных утечек жидких ПГР при нарушении технологии распределения ПГР;

- засоление земель при ненормативном использовании противогололедных химических материалов;

- загрязнение грунтов и почвенно-растительного покрова, и как следствие, оскудение растительности;

- возможное загрязнение земель, поверхностных и грунтовых вод составляющими компонентами ПГР;

В рамках научной работы в ЯГТУ были проведены исследования на непосредственное влияние растворов противогололедных реагентов различной концентрации на газонную траву.

Первоначально был подготовлен свежий грунт для посадки. Далее была произведена высева семян смеси из газонных трав и поливались семена проточной трубопроводной водой. Всего было подготовлено по 3 контейнера с газоном для реагента, а также 3 контейнера для контроля. Использовались следующие растворы: нордвэй (концентрации 1,1/2 и 1/3) от насыщенного раствора, экоруд (концентрации 1,1/2 и 1/3) от насыщенного раствора, сахар (концентрации 1,1/2 и 1/3) от насыщенного раствора. Когда высота травы достигла 12 см (замер шел от дна горшка), траву стали поливать концентрированными растворами.

Таблица 1. Свод результатов первого эксперимента

Дата	Описание и фотографии
21.04.18	Травы первый раз были политы концентрированными растворами. Изменений нет.
23.04.18	Травы второй раз были политы концентратами. Изменений нет.

25.04.18	После второго полива стало заметно влияние реагентов. Газон, политый экороудом и нордвеем, упал, стал вялым, начал стелиться по грунты. Газоны, политые водой и сахаром, не изменили свое внешнего вида. Травы политы третий раз
28.04.18	Произведена поливка четвертый раз. Образцы «контроль» и «сахар» растут в пределах нормы, без пагубных отклонений. Высота образцов 7-8 см от корней. Образцы «экороуд» и «нордвэй» стали выглядеть хуже. Стебли травы упали, стали сухими, упали еще ниже. Высота образцов 5-6 см от корней.
3.05.18	После четвертого полива от почвы в образцах «нордвей» и «экороуд» стало сильно пахнуть «химией», у лотков были высохшие лужи растворов, грунт уже не принимал полностью концентрат. Травы выглядят сухими, погибшими. Образцы «контроль» и «сахар» выглядят стабильно, изменений нет. Длина стеблей не изменилась во всех образцах. Поливка произведена пятый раз.
7.05.18	После пятой поливки от почвы в образцах «нордвей» и «экороуд» стало еще сильнее пахнуть химией. Почва не задерживает растворы, у лотков остаются выпаренные соленые лужи. Газон погиб. Образцы «контроль» и «сахар» выглядят хуже, стебли опали, насыщенного зеленого здорового цвета нет. Длина стеблей не изменилась во всех образцах.

Далее был произведен следующий эксперимент. Оценивалась всход семян газонной травы в уже засоленной почве. Их лотков были удалены все травы, почва прорыхлена, положены новые семена, а сверху уложили свежий грунт. Данные эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2. Эксперимент по всходу семян в уже засоленной почве

Дата	Описание и фотографии
15.05.18	Посадка в засоленный грунт новых семян. Полив проточной трубопроводной водой. Грунт в образцах «экороуд» и «нордвей» сильно пах концентратами, был серым и очень сухим. Грунт в образце «сахар» представлял собой большой слипшийся комок.
18.05.18	Повторный полив проточной трубопроводной водой.

21.05.18	Образцы «контроль» и «сахар» взошли. Всхожесть образца «контроль» такая же, как и в Iом эксперименте, всхожесть образцов «сахар» намного меньше, чем в Iом эксперименте. Высота ростков «контроль» от грунта 6-7 см, «сахар» 3-4 см. Также у образца «сахар 1/3» появилась корочка, которая приподняла свежий грунт. От образца «сахар» сильно пахнет сладковатым. Образцы «эжороуд» и «нордвей» не взошли. Но грунте «нордвей max» появился белый налет.
25.05	Образцы «контроль» и «сахар» имеют размер стеблей 7-8 см. В целом состояние образцов не изменилось. Стебли «контроля» упали. Образцы «эжороуд» и «нордвей» не взошли. Состояние не изменилось.

Вывод: В ходе эксперимента было рассмотрено влияние противогололедных реагентов разной концентрации на газонную траву, которую высаживают после зимнего периода на обочины дорог.

1. Противогололедный раствор Нордвей в любой из концентраций (1, 1/2, 1/3) одинаково воздействовал на траву. Т.е. Даже при концентрации 1/3, противогололедный реагент попадая в почву с растаявшим снегом наносит пагубное влияние на корневую систему.

2. Противогололедный раствор Эжороуд в концентрации 1, 1/2 воздействует на газонную траву так же, как растворы Нордвей, хотя произведены они на разных основах (Эжороуд – хлористый кальций, Нордвей – ацетатная основа, калий). Раствор концентрации 1/3 медленнее разрушал жизненную систему трав.

3. Растворы «Сахар» не влияли пагубно на растения. Все влияние приходилось на грунт, частицы грунта склеивались липким раствором и плохо задерживали влагу, при этом корни трав были переувлажнены, и стебли накали опадать.

4. Практически все противогололедные реагенты, применяемые в Ярославской области (Нордвей, Бишофит, Эжороуд, минеральная соль), в первую очередь направлены на плавление снега и льда, они пагубно влияют на природную среду придорожной полосы, даже в малых концентрациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. М.: «СТК Аякс», 2003. 268 с.
2. Требования к противогололедным материалам. ОДН 218.2.027-2003 (утв. распоряжением Минтранса РФ от 16.06.2003 N ОС-548-р).

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

М.Н. Гладышева, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается применение жидких противогололёдных реагентов.

Ключевые слова: противогололёдные реагенты, снежный накат.

INFLUENCE LIQUID THAWING REAGENTS HAVE ON THE SAFETY OF MOTION ON HIGHWAYS

M.N. Gladysheva, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the influence of liquid deicing reagents on the safety of highways.

Keywords: packed snow, thawing reagents.

Зиму любят почти все, но у нее есть одна неприятная сторона – скользкость. Одним из видов скользкости является снежный накат, который образуется на автомобильных дорогах при несвоевременной уборке свежевывапавшего снега. Для борьбы со снежным накатом используются физический метод, т.е. очистка специальными скребками и химический метод – обработка реагентами с последующей уборкой растаявшего снега снегоуборочной техникой.

Противогололёдные реагенты – это особые средства, которые используются для борьбы со скользкостью на дорогах. Их рассыпают по любой поверхности, на которой может образоваться наледь. Выбор реа-

гентов очень большой. Они могут быть твердыми или жидкими - в зависимости от особенностей их использования.

В данной статье мы рассмотрим применение жидких реагентов.

Для опытов были приготовлены насыщенные растворы на основе реагентов: Экороуд, Ультра, НКММ и минеральная соль.

Были проведены экспериментальные исследования влияния применения жидких реагентов при удалении снежного наката на безопасность автомобильных дорог. В качестве основного критерия безопасности был выбран **коэффициент сцепления** поверхности дороги с колесом автомобиля после её обработки жидкими реагентами. Для проведения исследований использовали прибор ППК-МАДИ.

Экспериментальные исследования проводились в следующей последовательности: устанавливали прибор ППК-МАДИ на оцениваемое дорожное покрытие таким образом, чтобы его имитаторы возвышались над поверхностью на 10...12 мм. Затем покрытие под имитаторами увлажняли жидким реагентом и при помощи устройства сбрасывали груз, который скользил по направляющей штанге и ударялся о муфту. Через толкающие штанги и шарниры ударный импульс передавался имитаторам, в результате чего последние взаимодействовали с дорожным покрытием. Коэффициент сцепления фиксировался на шкале прибора при помощи измерительной шайбы. Для оценки изменения во времени коэффициента сцепления измерения выполняли четыре раза через каждые 15 минут. Результаты представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Влияние реагентов на коэффициент сцепления после обработки снежного наката

Время Реагенты	Через 1 минуту	Через 15 минут	Через 30 минут	Через 45 минут
Без реагента	0,094	0,094	0,094	0,094
Нордвэй	<0,050	0,167	0,310	0,100
Минеральная соль	0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Экороуд	0,196	0,074	0,090	<0,050
Ультра	<0,050	0,196	<0,050	<0,050
Природные рассолы	0,140	0,190	0,170	0,140

Используя результаты проведённых исследований, были построены графики изменения коэффициента сцепления от времени таяния снежного наката после его обработки реагентом.

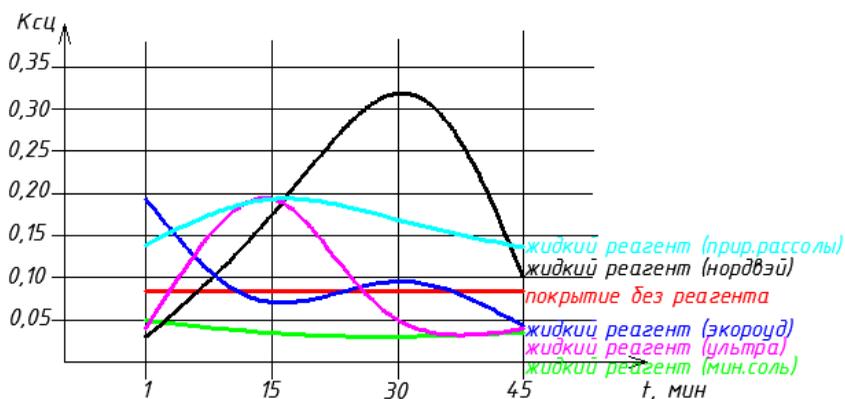


Рис. 1. График зависимости коэффициента сцепления от времени таяния снежного наката обработанного реагентами

Выводы:

1. Выполненные исследования показали, что таяние снежного наката наблюдалось при его обработке всеми реагентами.
2. Наиболее интенсивно происходило таяние снежного наката после обработки реагентом «Нордвэй».
3. Удаление снежного наката растворами минеральной соли, НКММ, Ультра нецелесообразно, так как после обработки этими реагентами резко падает коэффициент сцепления.
4. Лучший результат с точки зрения безопасности был отмечен для реагента «Нордвэй».
5. Требуется проведение дальнейших исследований для определения влияния «Нордвэй» на основные характеристики асфальтобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реагенты противогололедные: производство, характеристики и применение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fb.ru/article/211655/reagentyi-protivogolodnyie-proizvodstvo-harakteristiki-i-primenenie>
2. Методы борьбы со снежным накатом на дорогах [Электронный ресурс] / Группа компаний «Крот». Режим доступа: http://www.krot.su/stati/metody_borby_so_snezhnym_nakatom_na_dorogah/

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ю.А. Комиссарова, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние применения твердых химических противогололедных реагентов на безопасность автомобильных дорог. Приведены результаты измерения коэффициента сцепления. Рассмотрены наиболее распространенные реагенты.

***Ключевые слова:** зимняя скользкость, противогололедные материалы*

INFLUENCE SOLID THAWING REAGENTS HAVE ON THE SAFETY OF MOTION ON HIGHWAYS

Yu.A. Komissarova, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the influence of solid deicing reagents on the safety of highways. The results of measuring the coefficient of adhesion are provided. The most common reagents are considered.

***Keywords:** winter slipperiness, thawing reagents*

К зимнему периоду относят время с устойчивой средней суточной температурой воздуха ниже 0°C. Этот период, как правило, с октября – ноября месяцев до марта – апреля во II, III и IV дорожноклиматических зонах страны. От климатических условий во многом зависит продолжительность состояний дорожного покрытия. Так, к характерным состояниям в зимнее время можно отнести снежный накат (уплотнение снега), обледенение покрытия (гололед, гололедица).

Зимнее содержание автомобильных дорог - комплекс мероприятий по обеспечению безопасного и бесперебойного движения транспорта на автомобильных дорогах в зимний период, включающий защиту дорог от снежных заносов, очистку от снега, предупреждение и устранение зимней скользкости и наледей.

Основная цель работ по зимнему содержанию дорог – это создание условий для обеспечения безостановочного и безопасного движения с заданной скоростью. Выполнение этой цели включает в себя определенные виды работ при снегопаде:

- обработка проезжей части дорог и улиц твердыми или жидкими реагентами;
- сгребание и сметание снежной массы в лотковую часть во время и после прекращения снегопада;
- образование проездов и проходов в снежных валах погрузчиками или плужными снегоочистителями;
- формирование снежного вала;
- погрузка снежной массы из валов в автосамосвалы снегопогрузчиками и вывоз на снежные (сухие) свалки, сплавные пункты или мобильные снеготаялки;
- при предупреждении обледенения покрытий или ликвидации обледенения: обработка проезжей части дорог реагентами, как правило, жидкими, и при ликвидации обледенения – обработка твердыми противогололедными материалами.

Внесение реагентов в снег снижает внутреннее трение, сцепление снега с дорожным покрытием и сцепление кристаллов снега между собой. Снег становится сыпучим, не уплотняется и убирается плугом или щеткой.

В настоящее время применяются две технологии уборки снега в городах и населенных пунктах:

1) при получении информации об ожидании снегопада проводится распределение жидких реагентов максимально возможной концентрации (плотность распределения в зависимости от температуры воздуха). При дальнейшем выпадении снега распределяются твердые реагенты с последующими операциями сгребания и сметания;

2) предусматривает распределение твердых реагентов непосредственно в выпавший снег и по мере выпадения и накопления снежной массы на поверхности покрытия проводится сгребание и сметание.

Химические материалы в «чистом» виде можно применять как для полного расплавления, ослабления или предотвращения образовавшегося на покрытии снежно-ледяного слоя. В зависимости от поставленной задачи применяются различные материалы и технологии.

Так, для предотвращения образования снежно-ледяного слоя, его расплавления или ослабления по поверхности слоя распределяют материалы, образующие с тающим льдом раствор с пониженной температурой замерзания,

Нормы распределения противогололедных материалов зависят от температуры воздуха, вида соли и толщины ледяных отложений на дорожном покрытии и плотности льда. При этом в соответствии с ВСН 20-87 (ведомственные строительные нормы) расход хлоридов за зиму не должен превышать 2 кг/м^2 во II дорожно-климатической зоне и $1,5 \text{ кг/м}^2$ в III дорожно-климатической зоне. Однако указанные нормы (а это 16-18 т на 1 км дороги или $30-40 \text{ г/м}^2$ за 1 посыпку) нельзя считать экологически обоснованными, бывает достаточно 5-7 г/м^2 солей, чтобы обеспечить отсутствие скользкости в течение всего зимнего сезона. Наиболее эффективное применение солей ограничивается температурным интервалом от $4 \text{ }^\circ\text{C}$ до минус $7 \text{ }^\circ\text{C}$. При более низких температурах, характерных для зимнего периода большей части России, антигололедные свойства солей резко снижаются. При использовании сухой соли теряется до 70 % вещества, так как соль сдувается с покрытия турбулентными воздушными потоками и уносится колесами транспорта.

Проведя испытания по определению коэффициента сцепления при использовании данных ПГМ были получены следующие результаты, приведенные на рис. 1:

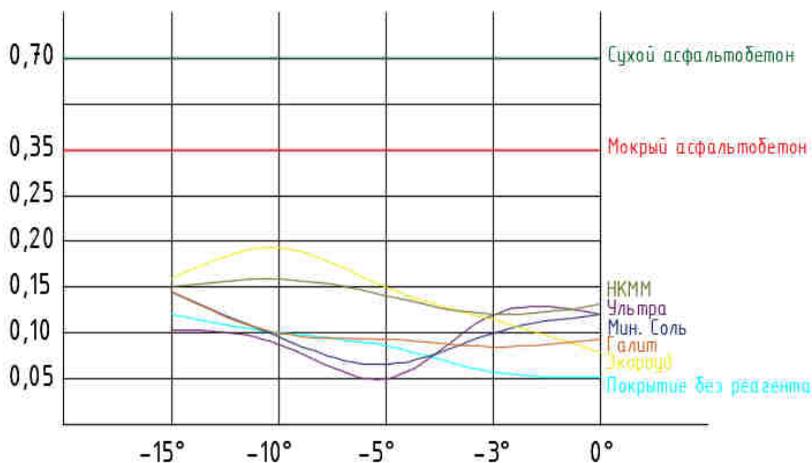


Рис. 1. Результаты эксперимента

Противогололедный реагент галит, при температурах до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ не проявляет своих свойств его лучше использовать при более низких температурах.

При температуре от минус 10 до минус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ при обработке дорог минеральной солью, коэффициент сцепления становится меньше исходного. Данный реагент с точки зрения безопасности лучше использовать при температурах – до минус $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже – минус $11\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При использовании противогололедного реагента экород, значение коэффициента сцепления значительно выше исходного. Максимальный коэффициент сцепления достигается в диапазоне от минус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако при температуре, приближающейся к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ коэффициент сцепления близится к исходному. Данный реагент лучше применять при средних значениях отрицательных температуры.

При использовании противогололедного реагента Ультра наблюдается высокий показатель коэффициента сцепления при температурах до минус $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температурах до минус $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ коэффициент сцепления хуже чем у других образцов.

Противогололедный реагент НКММ показывает высокие значения коэффициента сцепления при любых температурах. С точки зрения обеспечения безопасности движения его можно использовать на дорогах на протяжении всего зимнего времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.
2. ОДН 218.2.027-2003 Требования к противогололедным материалам.
3. Противогололедные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.StudFiles.ru/preview>.
4. Противогололедные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kps-k-com>.
5. Отраслевой дорожный технический документ [Электронный ресурс] / Руководство по борьбе с гололедом. Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/>

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А.А. Курныгина, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено влияние фрикционных материалов на безопасность дорог зимой. Приведены результаты опытов.

***Ключевые слова:** дорога, зимняя скользкость, песок, щебень, коэффициент сцепления.*

INFLUENCE FRICTIONAL THAWING REAGENTS HAVE ON THE SAFETY OF MOTION ON HIGHWAYS

A.A. Kurnygina, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the influence of frictional deicing reagents on the safety of highways. The results of the experiments are provided.

***Keywords:** road, winter slipperiness, sand, gravel, adhesion coefficient.*

Безопасность движения автомобилей зимой является важной проблемой, учитывая то, что в Центральной России зима холодная и продолжительная и занимает примерно 4–5 месяцев в году. Поэтому целью данного исследования является выявление наиболее безопасного, экономичного и экологичного реагента.

В практике зимнего содержания существуют несколько методов борьбы с этой проблемой. Одним из таких методов является фрикционный метод.

Фрикционный способ является одним из основных способов уменьшения отрицательного действия зимней скользкости. Сущность его состоит в том, что по поверхности дороги, покрытой слоем льда и снега,

рассыпают мелкофракционированные фрикционные материалы. Этот способ нацелен не на устранение скользкости, а на повышение шероховатости покрытия, тем самым улучшая коэффициент сцепления колеса с покрытием. Именно этот параметр был выбран для оценки действия реагентов. Материалы, используемые в этом способе, делятся на две группы. Это естественные, к которым относятся песок, песчано-гравийная смесь и гравий мелкой фракции, и искусственные, к которым относится зола уноса. Максимальный размер фракции должен быть не более 5-6 мм, а сам материал не должен содержать частиц глины более чем 15%.

Действие различных фрикционных материалов может отличаться в зависимости от температуры воздуха и видов скользкости. Чтобы сравнить действие различных материалов был проведен ряд натуральных экспериментов. В течении нескольких зимних месяцев проводились опыты. Измерения проводились с помощью прибора для измерения коэффициента сцепления ППК МАДИ.. Суть испытаний согласно с ГОСТ 33078-2014 заключалась в том, чтобы измерить коэффициент сцепления при разных погодных условиях, разных видах скользкости и выявить тот фрикционный материал, который работает лучше всего. В качестве испытуемого материала использовались отсев щебня, зола уноса, а также песок крупностью 1 мм, 0,5 мм и 0,25 мм. После проведения экспериментов были составлены графики, которые наглядно показывают изменения коэффициента сцепления в зависимости от температуры воздуха и вида используемого материала. (рис. 1).

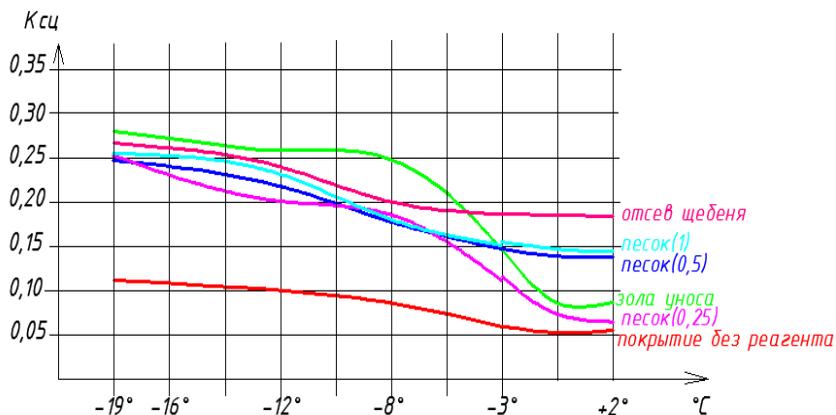


Рис. 1. Зависимости коэффициента сцепления от температуры наружного воздуха для различных фракций материала

По данному графику можно сделать несколько важных выводов:

1) Коэффициент сцепления повышается с понижением температуры воздуха.

2) Чем выше фракция у песка, тем выше коэффициент сцепления, так как более крупные частицы фрикционного материала создают большую шероховатость.

3) Наиболее лучше при температуре $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ работает зола уноса, а при температуре $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ отсев щебня. Но при проведении исследований выявлено, что зола уноса наиболее быстро разносима и продолжительность действия у данного реагента короткая.

4) Экспериментальные данные свидетельствуют, что для того, чтобы увеличить действия фрикционных материалов необходимо смешать их с солью, образуя, например, песко-соляную смесь. Из рис. 2 видно, что коэффициент сцепления при добавлении соли увеличивается или остается таким же. Такие смеси не только повышают коэффициент сцепления, но и уменьшают отрицательное воздействие соли на окружающую среду.

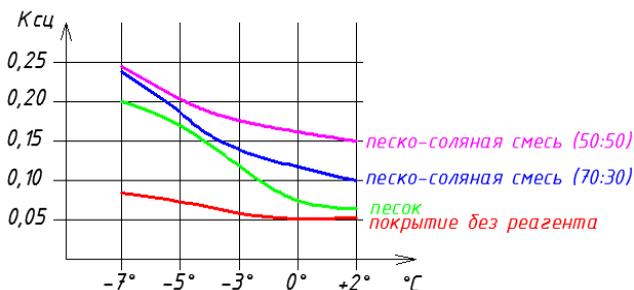


Рис. 2. Сравнение эффективности песка и песко-соляной смеси

Также в качестве эксперимента были подобраны различные составы для выявления наилучшего. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициента сцепления для различных материалов и соотношений противогололёдных материалов (ПГМ)

Смесь противогололёдного реагента и противогололёдного материала	Соотношения	
	50/50	70/30
Ульра+Песок	0,33	0,26
Минеральная соль+Песок	0,17	0,16
Галит+Песок	0,24	0,22
Экороуд+Песок	0,25	0,23
НКММ+Песок	0,27	0,25

Из таблицы можно сделать вывод, что наиболее лучший состав ультра+песок в пропорции 50/50, а наиболее худший - минеральная соль+песок в пропорции 70/30. Также данная таблица, как и график на рисунке 2, доказывает, что такие смеси в пропорции 50/50 работают лучше, чем смеси в пропорции 70/30.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что фрикционный способ имеет несколько преимуществ. Это простота в использовании, экономичность (в сравнении с другими способами) и минимальное отрицательное воздействие на движущиеся автомобили.

Несмотря на все плюсы, у данного метода очень много недостатков. Во-первых, материал рассыпанный на дорогу, хоть и повышает коэффициент трения и уменьшает тормозной путь, задерживается на дороге на очень короткое время. После проезда нескольких автомобилей состояние покрытия снова ухудшается. Обычно материал задерживается на дорожном покрытии в среднем 90–120 минут. Поэтому обновлять реагент нужно каждые 2 часа в зависимости от интенсивности движения. Также большой проблемой является хранение всех материалов, так как чаще всего они смерзаются. Еще одной проблемой является то, что твердые материалы очень засоряют водосточные сооружения. Из-за этого во многих крупных городах запретили использовать песчаные смеси для уменьшения скользкости, так как в весенний период много средств тратилось на прочистку водостоков и водоотводных лотков.

Таким образом, фрикционный метод борьбы с зимней скользкостью целесообразно применять на дорогах III–V категории, а также на дорогах, расположенных в регионах с продолжительностями устойчивыми низкими температурами от минус 20 °С до минус 25 °С, и на участках дороги, где использование отдельных химических противогололедных материалов запрещено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ. М., 2003.
2. ГОСТ 33181-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания.
3. ОДМ 218.8.002-2010 Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог с использованием специализированной гидрометеорологической информации (для опытного применения)
4. ГОСТ 33078-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием.

**МЕТОДЫ ОБЪЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
ОСНОВАННЫЕ НА ПОДБОРЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО
СОСТАВА СМЕСИ ПРИ ХОЛОДНОМ РЕСАЙКЛИНГЕ**

М.А. Рытjakов, В.Ю. Вербин, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены проблемы подбора состава асфальтогранулобетонных смесей. Приведен метод проектирования и подбора оптимальных смесей.

***Ключевые слова:** ресайклинг, методы объемного проектирования, гранулометрический состав.*

**VOLUMETRIC DESIGN PROCESS METHODS BASED
ON THE SELECTION OF GRANULOMETRIC COMPOSITION
OF A MIXTURE DURING COLD RECYCLING**

M.A. Rytjakov, V.Yu. Verbin, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores problems of the selection of the composition of asphalt-granular concrete mixtures. The method of design and selection of optimal mixtures is given.

***Keywords:** recycling, volumetric design methods, granulometric composition.*

В настоящее время в области дорожного строительства наряду с традиционными методами ремонта, в процессе которого происходит срезка слоев асфальтобетона и разборка слоев оснований вплоть до земляного полотна, появились принципиально новые технологии, отвечающие последним требованиям все возрастающей интенсивности дорожного движения, основанные на последних достижениях науки и техники.

Одной из таких технологий, хорошо отвечающих предъявляемым требованиям к ремонту и условиям эксплуатации автомобильных дорог,

является холодный ресайклинг. Суть данной технологии заключается в измельчении и перемешивании существующих слоев дорожной одежды (слоев покрытия, оснований из щебня) с добавлением связующих материалов в смесь, с целью получения прочного основания.

В данной статье речь пойдет о гранулометрическом составе смеси, о его влиянии на прочностные характеристики и о методах объемного проектирования при использовании метода холодного ресайклинга.

В настоящее время ремонтные работы с использованием ресайклеров производятся согласно методическим рекомендациям ОДМ 218.2.022-2012. При производстве работ для определения толщины фрезерования строители придерживаются правила «50/50». Данное правило подразумевает, что толщина фрезерования должна состоять на 50% из толщины асфальтобетонного покрытия и на 50% - из щебеночного основания.

Метод объемного проектирования при ресайклинге.

Метод объемного проектирования при ресайклинге предполагает, что перед производством работ необходимо произвести несколько операций.

1. Необходимо произвести отбор проб дорожной одежды.
2. Определить гранулометрический состав смеси и тип смеси, использованной при строительстве.
3. Определить гранулометрический состав щебеночного основания.
4. Построить графики гранулометрического состава асфальтобетонной смеси, определенной при исследовании проб, согласно нормативным документам.
5. Построить график гранулометрического состава асфальтобетонной смеси фактической.

6. В соответствии с графиками рассчитать объем щебня, который нужно добавить к фактической смеси, чтобы добиться оптимального гранулометрического состава в соответствии с нормативными документами.

Рассмотрим данный расчет на примере объекта «Ремонт автомобильной дороги «Рыбинск-Глебово» Ярославская область».

Дано: слой покрытия существующей дороги – асфальтобетонная смесь плотная мелкозернистая типа А, толщиной 10 см; слой основания из щебня фракции 40-70 мм с заклиной щебнем фракций 5-10 мм и 10-20 мм толщиной 20 см. По причине того, что с июля 2019 года обязательными для применения становятся Стандарты таможенного союза, сравним фактический гранулометрический состав смеси с эталонами по ГОСТ 9128-2013 и ПНСТ 184-2016.

Расчеты состава смеси на основе эталона по ГОСТ.

Результаты анализа гранулометрического состава смеси, получаемой при ресайклинге существующей дорожной одежды, указаны в табл. 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав существующей АГ-смеси

Фракция, мм	16	11,2	8	5,6	4	2	0,125	0,063
Содержание, %	0,4	8,5	11,0	11,3	9,8	10,4	35,6	13,0

Построим график зависимости остатка на сите от фракции (рис. 1) для существующей дорожной одежды.

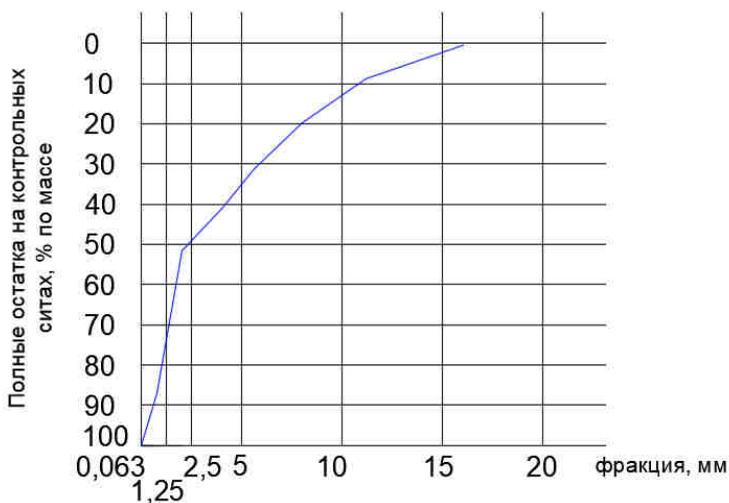


Рис. 1. График гранулометрического состава для существующей смеси

Согласно пункту 3.2 [3] гранулометрический состав проектируемой АГБ-смеси должен соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ 9128-2013 для пористых и высокопористых щебеночных смесей. Поэтому при построении графика эталонного гранулометрического состава по ГОСТ руководствуемся таблицей 2 [1].

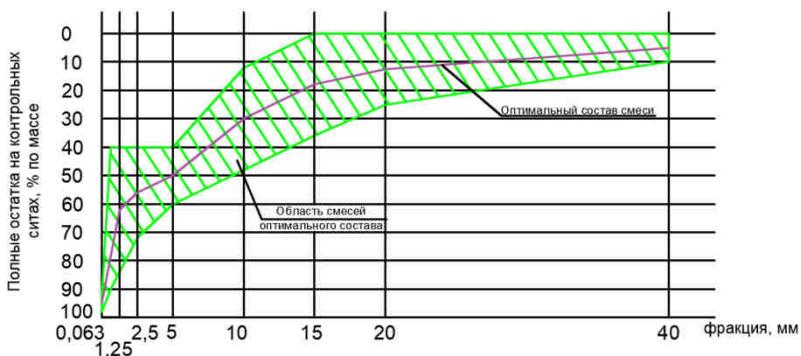


Рис. 2. График гранулометрического состава для пористых смесей согласно ГОСТ

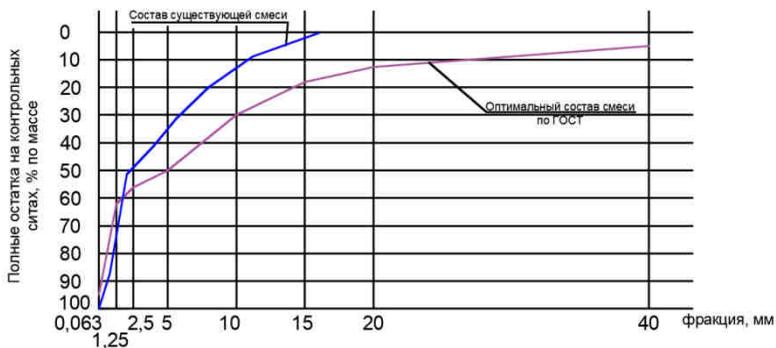


Рис. 3. Графики гранулометрического состава существующей смеси и оптимальный состав смеси по ГОСТ

Исходя из графиков, изображенных на рис. 3, мы можем определить, какое количество щебня необходимо добавить к нашей существующей смеси (табл. 2).

Таблица 2. Недостающие объемы каменного материала в сравнении с ГОСТ

Фракция, мм	40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,063
Добавить, %	5	13	15	17	15	7,1	11	5

В качестве альтернативного варианта, для исключения транспортировки и закупки нового каменного материала в больших объемах, можно рассмотреть возможность использования каменного материала из основания. От процентного содержания различных фракций щебня будет зависеть глубина фрезерования дорожной одежды ресайклером.

Расчеты состава смеси на основе эталона по ПНСТ.

При выполнении расчетов на основании ПНСТ, будем считать, что гранулометрический состав АГБ-смеси должен соответствовать требованиям, установленным для асфальтобетонов для нижнего слоя покрытия. В нашем случае мы будем считать, что АГБ-смесь должна соответствовать асфальтобетону А32НН.

Строим график гранулометрического состава для смеси А32НН (рис. 4).

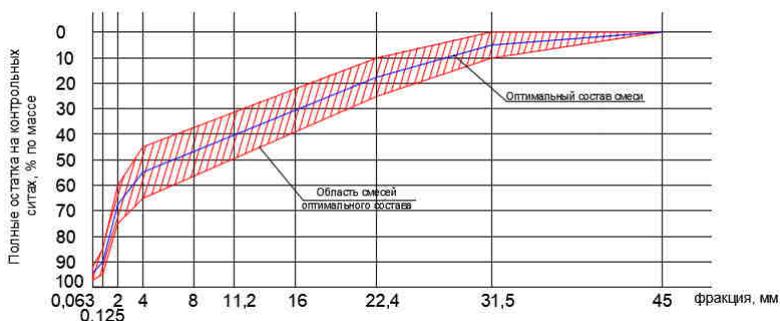


Рис. 4. График гранулометрического состава для смеси А32НН

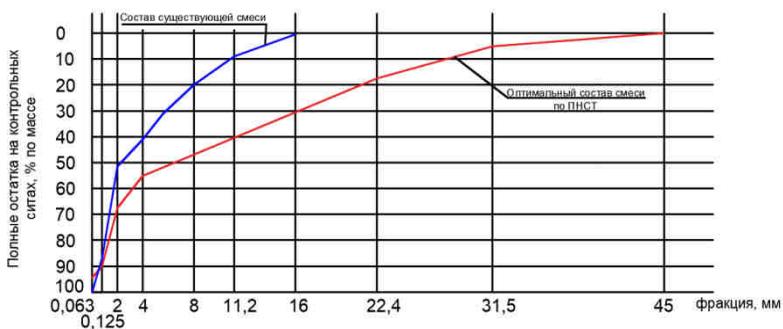


Рис. 5. Графики гранулометрического состава существующей смеси и оптимальный состав смеси по ПНСТ

Сравнивая график оптимального состава для смеси А 32 НН и график состава для существующей смеси (рис. 5), определяем количество каменного материала, необходимого для достижения оптимального состава по ПНСТ, и заносим в табл. 3.

Таблица 3. Недостающие объемы каменного материала в сравнении с ПНСТ

Фракция, мм	31,5	22,4	4	2	0,125
Добавить, %	5	17,5	13,9	16	2,9

Вывод

При проведении ремонта автомобильных дорогах по технологии холодного ресайклинга, необходимо произвести обследование существующей дорожной одежды, определить конструкцию, гранулометрический состав слоев, провести анализ конструкции, произвести корректировку состава смеси с помощью графиков гранулометрических составов существующей и смеси оптимального состава, путем внесения необходимых объемов определенных фракций каменного материала или путем увеличения глубины фрезерования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные, дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Взамен ГОСТ 9128-84; Введ. 01.01.99. М.: ГУП ЦПП, 1998. 24 с.
2. ПНСТ 184-2016. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия. Введ. 20.12.2016. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017. 36 с.
3. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации / Министерство транспорта РФ государственная служба дорожного хозяйства (Росавтодор), М. 2012. 58 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

А.Ю. Гагарин, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается закономерность влияния размера фракции щебня на содержание в нем влаги при хранении в штабеле на асфальтобетонном заводе.

Ключевые слова: фракционированный щебень, влажность.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF ASPHALT-CONCRETE MIXTURE PRODUCTION

A.Yu. Gagarin, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the pattern of influence of the crushed stone fraction on the moisture content in it when stored in a stack on an asphalt concrete plant.

Keywords: fractionated rubble, humidity.

Асфальтобетонный завод (АБЗ) – это комплекс технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, являющийся основным производственным предприятием дорожного хозяйства, предназначенного для выполнения операций по приготовлению асфальтобетонных смесей, реконструкции и ремонта слоев асфальтобетонного покрытия.

В традиционных системах производства асфальтобетонных смесей щебень всех необходимых фракций складировается на больших, открытых площадях. Щебень мелких фракций до 5 мм, составляющий основную часть асфальтобетонных смесей, подвергается воздействию внешних факторов, таких как дождь и ветер. Эти факторы являются причиной расцеивания, увлажнения, загрязнения и окисления материала.

В предлагаемой системевместо складирования щебня нескольких-фракций складировается щебень одной фракции. Единственной причиной,

по которой используется щебень именно фракции 40-70 мм, является отсутствие влажности в крупных балластовых материалах.

Необходимый для производства щебень подается гусеничным питателем по туннелю из места складирования в дробилку контролируемым потоком. В системе имеется вертикальная дробилка; раздробленный щебень с помощью вертикального элеватора отправляется в бункеры; просеянный щебень оседает не хаотично, а по определенной траектории во избежание сегрегации. В нижней части имеется 5 ленточных конвейеров, предназначенных для подачи материала в сушильный барабан асфальтового завода.

Если рассмотреть новую технологию, то можно отметить два важных момента. Прежде всего, это отсутствие необходимости предварительного дробления используемого в производстве асфальта щебня на мелкие фракции, то есть, нет необходимости складирования нескольких видов щебня, так как влажность крупного щебня в двенадцать раз меньше влажности мелкого щебня. Второе, и не менее важное – дробление щебня осуществляется непосредственно перед производством асфальтобетонной смеси. Это также является для нас преимуществом, потому что тепловая энергия, выделяемая в процессе дробления щебня, сохраняется.

Сравнивая традиционную систему производства асфальтобетонных смесей и новую, получаем, что в традиционной системе влажность составляет 3-5 %, в зависимости от погодных условий и типа щебня, в новой системе влажность составляет 0,25 %.

Разница, образующаяся в результате низкой влажности щебня очень важна, так как даже при влажности 3 % энергия, расходуемая на обсушку и нагрев в двенадцать раз больше чем в новой системе, а выделение CO₂ уменьшается пропорционально к сэкономленной энергии. В результате, благодаря использованию щебня низкой влажности достигается экономия энергии от 37 до 49 %.

В традиционной системе важнейшей проблемой является пылевое загрязнение.

Данная проблема решалась путем водного орошения, но это обходится очень дорого, так как щебень, используемый в асфальтовом производстве должен быть полностью высушен, кроме того, такой метод вызывает окисление материала.

Фактором, способствующим образованию пыли в традиционной системе являются вторичные дробилки. В новой системе используются только первичные дробилки, так как во вторичных нет необходимости, ведь вторичное дробление осуществляется рядом с асфальтовым заводом и непосредственно перед производством асфальтобетонной смеси.

Выделяемая в процессе дробления пыль, являющаяся причиной загрязнения окружающей среды, задерживается внутри системы и накап-

ливается в пылеулавливающем устройстве асфальтового завода, затем используется в качестве промышленного материала-заполнителя. Дробление, просеивание, хранение и питание асфальтового завода осуществляется в закрытой системе.

По причине использования в новой системе единственной фракции щебня, холодные бункеры используются только в случае необходимости.

Щебень подвозится грузовиками к месту складирования и по ленточным конвейерам поступает в систему. Таким образом, для питания завода щебнем отпадает необходимость в погрузчиках. Отсутствие погрузчиков в значительной степени снижает затраты и повышает надежность рабочей площадки. Но при возникновении необходимости в других видах щебня всегда имеется доступ к холодным бункерам.

Уменьшение уровня влажности обеспечивает множество других преимуществ, например, производитель асфальтобетонной смеси, перевозящий для своего производства 100 тысяч тонн щебня в то же время перевозит 3000 тыс. т. воды; то есть 200 самосвалов воды, подлежащей дальнейшему испарению.

Следует также отметить, что затраты на складирование нескольких видов щебня, особенно мелких фракций, выше затрат на складирование одного типа щебня.

При работе с влажными материалами расходуется большое количество энергии и, следовательно, снижается производительность асфальтового завода. Новая система, снижая влажность до минимума, позволяет эксплуатировать завод на полную мощность.

Минимизированный уровень влажности также позволяет продлить рабочий сезон.

Для подбора основного и вспомогательного оборудования асфальтобетонного завода, работающего по новой технологии, необходимо было уточнить изменение влажности щебня при его хранении на открытых производственных площадках. Для этого были проведены экспериментальные исследования, которые включали:

- промывку не отсортированного щебня
- сушку щебня
- сортировку щебня по фракциям (4-8мм, 16мм, 22,4 мм, 31,6мм) в лабораторных ситах (ГОСТ Р 5156-99)
- погрузку в воду на всю глубину
- взвешивание щебня в ситах на электронных весах «Massa-k» с точностью взвешивания до одного грамма

На основании приведенных выше исследований получили следующие результаты:

Таблица 1. Результаты эксперимента

Фракция	Дата	Время взвешивания	Время сушки	Масса сита, гр.	Масса щебня и сита, гр.	Чистая масса щебня, гр.	Масса испаренной влаги, гр.	Относительная влажность, %
---------	------	-------------------	-------------	-----------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------	----------------------------

31,6 мм	07. 12. 2018	13:00	0:00	630	10065	9435	0	0
		14:00	1:00	630	10045	9415	20	0,21
		15:00	2:00	630	10038	9408	27	0,29
		16:00	3:00	630	10030	9400	35	0,37
		19:00	6:00	630	10025	9395	40	0,42
	12. 12 018	9:30	20:30	630	10000	9370	65	0,69

22,4 мм	13. 12 018	13:20	0:00	630	9115	8485	0	0
		14:20	1:00	630	9095	8465	20	0,24
		15:20	2:00	630	9090	8460	25	0,29
		16:20	3:00	630	9085	8455	30	0,35
		17:40	4:20	630	9080	8450	35	0,41
	14. 12 018	11:00	21:40	630	9045	8415	70	0,82

16 мм	07. 122 018	13:00	0:00	630	8385	7755	0	0
		14:00	1:00	630	8355	7725	30	0,39
		15:00	2:00	630	8340	7710	45	0,58
		16:00	3:00	630	8330	7700	55	0,71
		19:00	6:00	630	8320	7690	65	0,84
	08. 122 018	9:30	20:30	630	8275	7645	110	1,42

Формула для нахождения относительной влажности:

$$\varphi = \frac{m}{m_0} * 100\%,$$

где φ – относительная влажность, %;

m – масса испаренной влаги, гр;

m_0 – чистая масса щебня, гр.

По результатам проведённых исследований были построены графические зависимости изменения относительной влажности щебня от продолжительности сушки для различных фракций щебня (рис. 1).

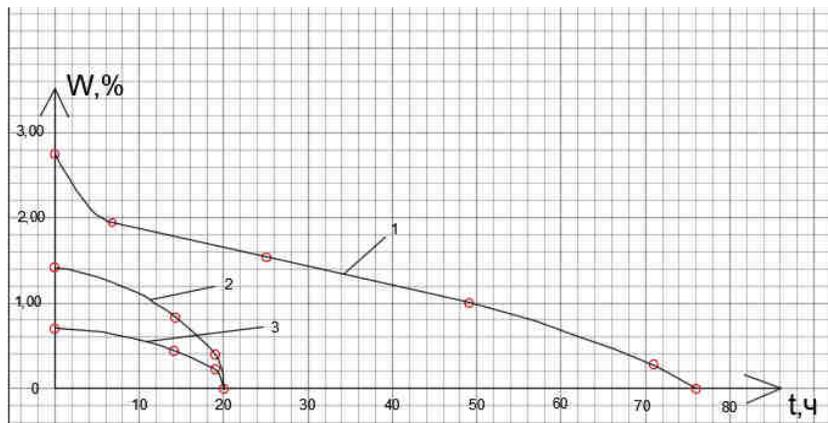


Рис. 1. Графики изменения влажности с течением времени:

1 – фракция 4-8 мм; 2 – фракция 16 мм; 3 – фракция 32 мм

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного исследования практически подтверждено, что в щебне крупной фракции содержится меньше влаги, чем в щебне более мелкой фракции.

2. Опытным путем была выявлена закономерность влияния размера фракции щебня на содержание влаги в нем при хранении щебня в штабеле на асфальтобетонном заводе.

Выполненные исследования позволили выбрать асфальтосмесительную установку и дробилку для производства асфальтобетонной смеси по предлагаемой технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8267-93 *Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ.*
2. Асфальтобетонные заводы Е-МАК [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://http://www.e-mak.com>

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Е.Г. Беляев, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается перспектива использования гранулированного холодного асфальтобетона в качестве материала для ремонта выбоин на автомобильных дорогах, а также анализируются его свойства и характеристики.

***Ключевые слова:** гранулированный холодный асфальтобетон, прочность, плотность, водонасыщение*

APPLICATION OF GRANULATED COLD ASPHALT CONCRETE FOR REPAIRING COATINGS OF ROUTES OF AUTOMOBILE ROADS

E.G. Belyaev, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the prospect of using granulated cold asphalt as a material for repairing potholes on highways, and also analyzes its properties and characteristics.

***Keywords:** granulated cold asphalt concrete, strength, density, water saturation*

На сегодняшний день существуют несколько видов асфальтобетона: горячий, теплый, литой и др. Для заделки выбоин на покрытиях автомобильных дорог в основном применяется литая асфальтобетонная смесь, которая требует специального оборудования для транспортирования и распределения – «кохеров». В настоящее время различными организациями предлагается применять для ремонта выбоин холодный асфальтобетон из холодных асфальтобетонных смесей. Известные типы

холодных асфальтобетонных смесей выпускаются на основе жидких битумных вяжущих или битумных эмульсий. Срок хранения таких смесей в штабеле не превышает полугода. В небольших объемах такая смесь теряет подвижность значительно раньше и становится не технологичной при укладке.

На базе ЯГТУ был разработан гранулированный холодный асфальтобетон, который не имеет этого недостатка. Данный вид асфальтобетона обладает хорошей сыпучестью, не слипается, легко уплотняется специализированной техникой. Целью исследований и пробного применения в реальных условиях данного вида асфальтобетона является изучение и если необходимо корректировка его свойств с целью запуска в серийное производство и использования для ремонта покрытия проезжей части.

Для исследований были приготовлены образцы из гранул разной фракции: 4-5,6 мм; 5,6-8 мм и 8-11,2 мм. Определение прочности, плотности, водонасыщения, набухания, морозостойкости проводилось по ГОСТ 12801-98. Зависимость основных свойств данного асфальтобетона от размера фракций представлены на рис. 1–4. Также для фракции 5,6-8 мм были проведены опыты по морозостойкости. Количество циклов замораживания-оттаивания составило 40 циклов. Результаты представлены на рис. 5.

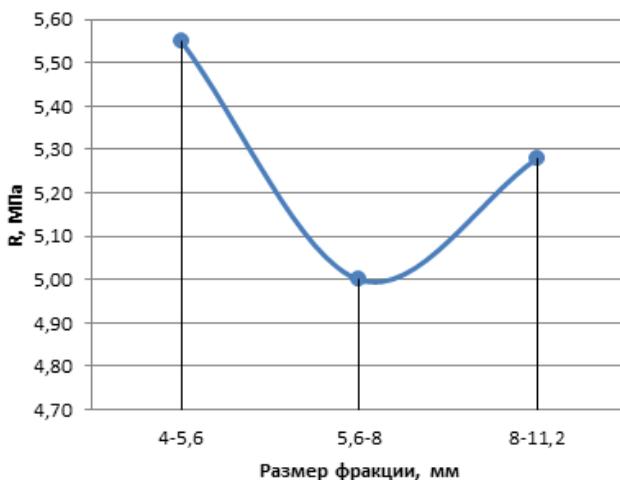


Рис. 1. Зависимость прочности от размера фракции

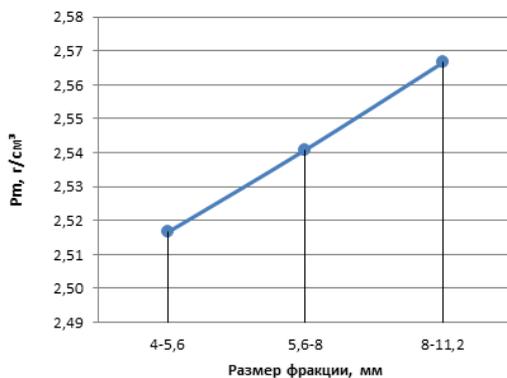


Рис. 2. Зависимость плотности от размера фракции

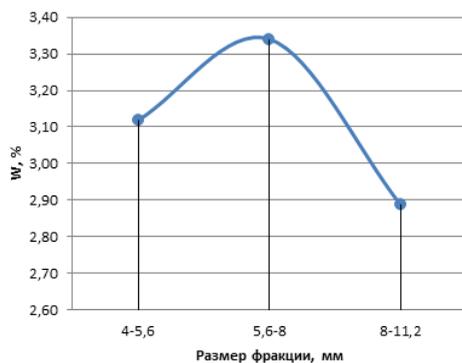


Рис. 3. Зависимость водонасыщения от размера фракции

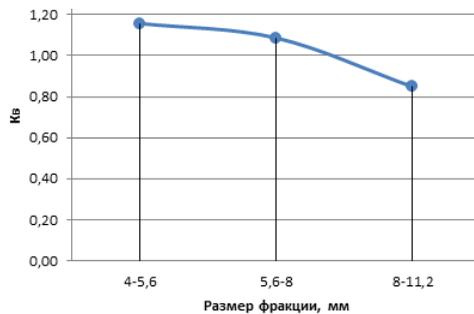


Рис. 4. Зависимость коэффициента водостойкости от размера фракции

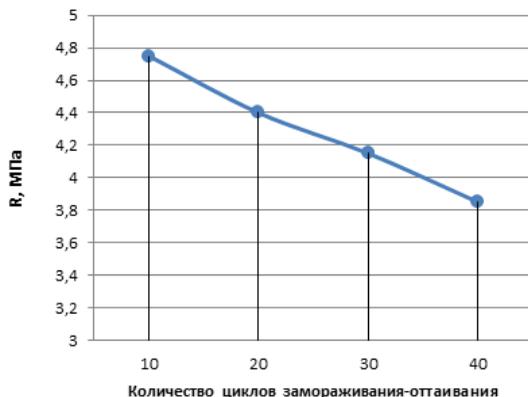


Рис. 5. Потеря прочности асфальтобетона в результате испытаний на морозостойкость

Проведённые лабораторные исследования показали, что основные характеристики холодного гранулированного асфальтобетона зависят от размера фракции. Так, прочность образцов для фракций 5,6-8 мм минимальна, но выше предельно допустимого значения по ГОСТ 12801-98. Увеличение размера фракции приводит к увеличению плотности асфальтобетона после его уплотнения. Средняя плотность образцов имеет довольно высокое значение от $2,52 \text{ т/м}^3$ до $2,57 \text{ т/м}^3$. Коэффициент морозостойкости через 40 циклов замораживания и оттаивания, определённый по ГОСТ 12801-98, составил 0,79.

Таким образом, применение холодной гранулированной асфальтобетонной смеси позволяет получить прочный асфальтобетон, обладающий достаточной морозостойкостью. Для ремонтных работ рекомендуется использовать фракции менее 5,6 мм и более 8 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

ПОДБОР СОСТАВА АСФАЛЬТОГРАНУЛОБЕТОНА ПРИ ХОЛОДНОМ РЕСАЙКЛИНГЕ

Л.А. Артемьева, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.Д. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье приводится описание технологии холодного ресайклинга, зависимость прочности смеси от состава

***Ключевые слова:** холодный ресайклинг, цемент, дорожно-строительные материалы.*

SELECTION OF ASPHALT GRANULAR CONCRETE COMPOSITION DURING COLD RECYCLING

L.A. Artemieva, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article provides the description of the cold recycling technology, dependence of the strength of the mixture on the composition.

***Keywords:** cold recycling, cement, road construction materials.*

Ежегодно растущая интенсивность движения по автомобильным дорогам общего пользования, увеличение нагрузок на ось делают необходимым увеличение несущей способности дорожной одежды используемых дорог, что достигается при реконструкции или капитальном ремонте автомобильных дорог.

На сегодняшний день известны новейшие технологии, которые отвечают последним требованиям постоянно растущей интенсивности дорожного движения, которые основаны на современных достижениях науки и техники.

Одна из подобных технологий, которая наиболее полно отвечает предъявляемым требованиям к реконструкции, ремонту и условиям экс-

плутации автомобильных дорог является «Метод холодной регенерации» (ресайклинг).

Сущность данной технологии заключается в измельчении и перемешивании существующего асфальтобетонного покрытия и слоя нижележащего материала с добавлением связующих материалов с целью получения прочного, однородного дорожного основания - асфальтогранулобетона. На такое основание впоследствии укладывается новое асфальтобетонное покрытие. В итоге получается новая дорога с улучшенными физико-механическими характеристиками.

Основная задача решается с помощью высокотехнологической техники – ресайклера. Системы тонкой настройки ресайклера позволяют достигать высокого качества смешивания компонентов в правильной пропорции, что является залогом качественной реализации регенерации.

Плюсы технологии:

- высокое качество ресайклированного слоя вследствие последовательного, высококачественного смешивания полученных на месте материалов с водой и вяжущими материалами. Вода или водноцементная эмульсия вводятся в точно необходимом количестве благодаря микропроцессорной системе управления насосами. Смешивание отвечает самым высоким требованиям, поскольку компоненты принудительно перемешиваются в рабочей камере;

- структурная целостность дорожной одежды. Холодный ресайклинг позволяет получать связанные слои большой толщины, которые отличаются гомогенностью материала;

- сохранение целостности грунта, так как при ресайклинге повреждение низкокачественного грунта меньше по сравнению с применением обычных дорожно-строительных машин для восстановления дорожной одежды;

- минимальный объем новых привозных материалов;

- нет необходимости в создании площадок для отвалов и хранения материалов;

- уменьшение продолжительности строительных работ;

- безопасность дорожного движения.

- минимальный трафик большегрузной техники по окрестным дорогам;

- монолитное дорожное основание рассчитано на предстоящие транспортные нагрузки;

- отсутствие швов в основании и дорожном покрытии увеличивает срок службы дороги, снижает расходы на ее содержание.

Различают две технологии холодного ресайклинга: на «месте» и на «заводе». Ресайклинг на «заводе» позволяет получить более оптимальный состав смеси для получения асфальтогранулобетона.

Согласно рекомендациям [2], для проектирования наиболее рационального состава АГБ-смеси необходимо использовать подход «проектирования» асфальтобетонных смесей. Для этого производится определение гранулометрического состава асфальтогранулята, примерный тип асфальтобетонной смеси после пробного ресайклинга и производится его сравнение с рекомендуемым по ГОСТ. После чего строится график ситового анализа и наносится на график зернового состава по ГОСТ для фрезеруемого слоя. После чего производится определение процентного содержания недостающих фракций. Такой подход проектирования возможен при смешивании компонентов ресайклированного слоя только по технологии на «заводе», который может быть размещён в непосредственной близости от места ремонта.

Используя этот подход, был проведён ситовый анализ образцов асфальтогранулята (см. табл. 1), после чего был определён методом выжигания тип асфальтобетонной смеси в асфальтогрануляте. Оказалось, что она соответствует типу А. Для данного типа был построен график зернового состава, соответствующий ГОСТ 9128-2013. На данный график был нанесён график ситового анализа (рис. 1). Согласно графику, для проектирования АГБ-смеси необходимо добавить 10-15% мелкой фракции от 0,125 мм до 0,5 мм, а также 5-10% фракции 5-10 мм.

Таблица 1. Ситовый анализ асфальтогранулята

Размер сита, мм	Масса, г	%	Сито	Прошло %
8 - 11	1060	27	11	100
5,6 - 8	950	24	5,6	69
4 - 5,6	754	19	4	30
2 - 4	740	18,8	2	11,2
1 - 2	295	7	1	3,2
0,5 - 1	80	2	0,5	1,2
0,25 - 5	30	0,76	0,25	0,44
0,125 - 0,25	5	0,12	0,125	0,32
Остаток	10	0,2	ост	0,12

**Таблица 2. Промежуточные результаты испытания образцов
асфальтогранулобетона**

№ образца	Содержание воды, %	Содержание цемента марки ЦЕМ I 42,5Н, %	Выдержка по времени, сут.	Предел прочности на сжатие, МПа
1	2	2	1	3,9
2	2	2	1	3,4
3	2	2	1	3,5
4	2	2	7	3,85
5	2	2	7	3,1
6	2	2	7	3,0
7	2	4	1	2,5
8	2	4	1	2,75
9	2	4	1	2,65
10	2	4	7	3,55
11	2	4	7	4,0
12	2	4	7	4,0
13	2	6	1	4,35
14	2	6	1	4,0
15	2	6	1	3,65
16	2	6	7	7,30
17	2	6	7	8,20
18	2	6	7	7,40

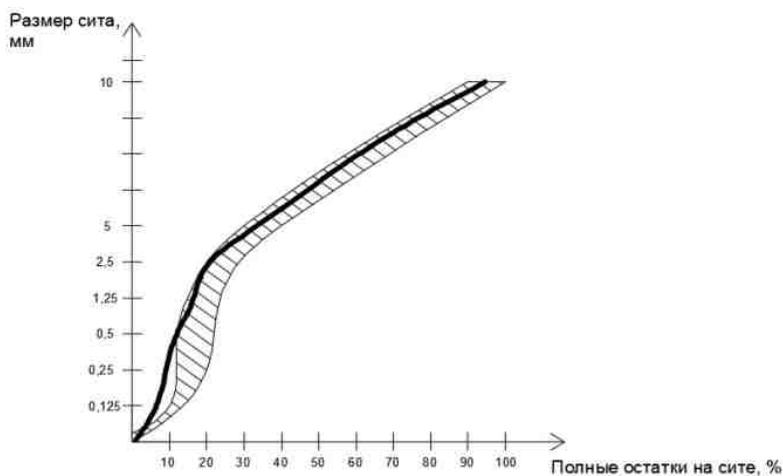


Рис. 1. График гранулометрического состава асфальтогранулята для приготовления опытных образцов асфальтогранулобетона

Результаты испытаний представлены на графиках зависимости предела прочности на сжатие от содержания цемента в ресайклируемом слое на 1 сутки (рис. 2) и на 7 сутки (рис. 3).

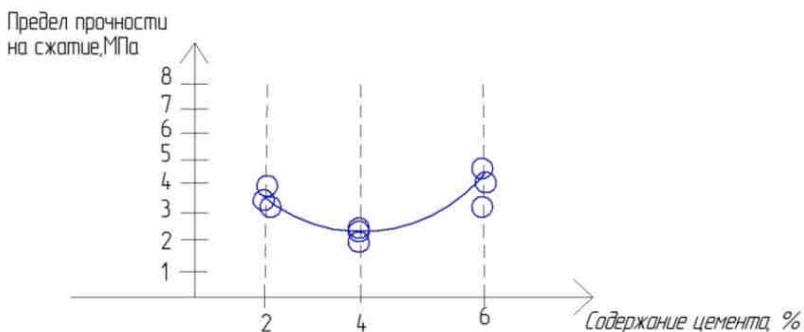


Рис. 2. График зависимости предела прочности на сжатие от содержания цемента в ресайклируемом слое через 1 сутки

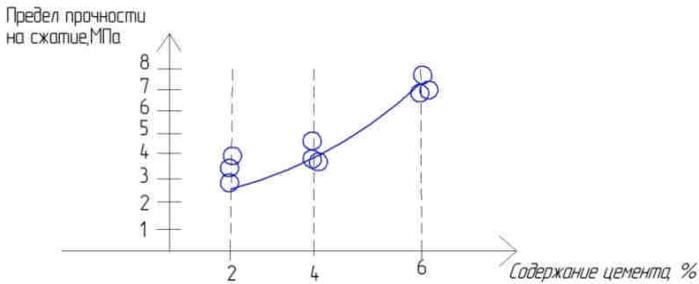


Рис. 3. График зависимости предела прочности на сжатие от содержания цемента в ресайклируемом слое через 7 суток

Экспериментальные исследования показали, что содержание цемента и время выдержки образцов существенно влияют на прочность ресайклированного слоя. Согласно ГОСТ 9128-2013 прочность образцов должна быть выше 2,0-2,5 МПа в зависимости от марки асфальтобетонной смеси и дорожно – климатической зоны. Учитывая это, процентное содержание цемента марки ЦЕМ I 42,5Н в ресайклируемом слое для нашего образца должно быть не менее 1,8% от массы смеси. При этом в асфальтогранулят необходимо добавить 12,5% щебня или асфальтогранулята фракции (0,125-0,5) мм и 7,5% фракции (5-10) мм. После перемешивания добавить воду в количестве 2% и провести тщательное перемешивание полученной смеси. Технологический перерыв после ресайклинга и уплотнения смеси перед укладкой асфальтобетонного покрытия составит не менее 1 суток. Таким образом, в статье рассмотрен метод объёмного проектирования состава ресайклируемого слоя по технологии на «заводе».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евстегнеева В.Н.* Ремонт и реконструкция асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга [Электронный ресурс] / В.Н. Евстегнеева, В.Г. Степанец // Молодой ученый. 2017. № 38. С. 21-28. URL <https://moluch.ru/archive/172/45732/>
2. Wirtgen Технология холодного ресайклинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://media.wirtgen.com/media/02_wirtgen/infomaterial_1/kaltrecycler/kaltrecycling_technologie/kaltrecycling_handbuch/_RU.pdf (дата обращения: 11.02.2019).
3. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
4. *Дудин В.М.* Стабилизация грунтов при строительстве автомобильных дорог: монография / В.М. Дудин, А.А. Игнатьев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

И.М. Беков, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются применение новых технологий, а также модификации традиционных в области безопасности дорожного движения.

***Ключевые слова:** ограждения, безопасность дорожного движения, барьерные ограждения, тросовые ограждения, ограждение с роликовой системой, противоослепляющие экраны, фронтальные дорожные ограждения, применение новых технологий.*

TRENDS IN DEVELOPMENT OF ROAD PROTECTION EQUIPMENT

I.M. Bekov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the usage of new technologies, as well as modifications of traditional ones in the field of road safety.

***Keywords:** fences, road safety, barrier fences, cable guards, roller fence, anti-glare screens, frontal road fences, application of new technologies.*

Дорожные ограждения – это ключевой элемент дорожной инфраструктуры, создающий безопасные условия движения. Существуют различные виды дорожных ограждений и, как правило, каждый из них выполняет определенные функции. Такими функциями могут быть: предотвращение съезда автотранспорта, предотвращение выхода пешеходов(животных) на проезжую часть, предотвращение лобового столкновения, предотвращение столкновения с массивными препятствиями и строениями. На мостовых сооружениях дорожные ограждения снижают риск падения транспорта и пешеходов (рис. 1). Необходимость в приме-

нении дорожных ограждений стала появляться с развитием автотранспортных средств и как следствие увеличение скоростей передвижения. Применение дорожных ограждений позволяет снизить количество и тяжесть травм на автомобильных дорогах. В настоящее время, безопасность дорожного движения развивается по средствам внедрения новых технологий в уже существующие конструкции.



Рис. 1. Дорожные ограждения на мостовом переходе

Госавтоинспекция приводит данные по статистике дорожно-транспортных происшествий во всех регионах Российской Федерации за период с 2015 по 2018 года (табл. 1).

Таблица 1. Статистика дорожно-транспортных происшествий

Год	Количество ДТП	Погибло	Ранено
2015	184000	23114	231197
2016	173694	20308	221140
2017	169432	19088	215374
2018	168099	18214	214853

Анализ статистики показывает снижение количества ДТП, погибших и раненных, но годовой показатель по-прежнему остается на недо-

пустимо высоком уровне. Россия занимает второе место по количеству погибших в ДТП на 100 тыс. населения, что говорит о крайне низком уровне безопасности на дорогах. Одним из вариантов решения данной проблемы является применение средств безопасности движения, таких как ограждения.

В настоящее время в нашей стране вводятся новые разработки в области дорожных ограждений; так, в 2013 году были внесены поправки в нормативные документы и стали применяться тросовые дорожные ограждения (рис. 2). На данный момент барьерные ограждения данного типа обрели большую популярность, это связано с низкой стоимостью конструкции, ее надежностью, а также возможностью применения на дорогах без проведения реконструкции.



Рис. 2. Тросовые дорожные ограждения

Другой новой технологией является светоотражающий экран. Они применяются на автомагистралях, монтируются на разделительные дорожные ограждения. Свет возвращающие экраны служат для снижения воздействия световых лучей фар, от встречного автотранспорта, на водителя. Светоотражающие экраны изготавливаются из полиэтилена высокой прочности с защитой от ультрафиолета (рис. 3). Применение данной технологии на автомобильных дорогах позволяет снизить количество ДТП, которые связаны с ослеплением водителей. К недостаткам данной технологии можно отнести лишь большие материальные затраты для устройства светоотражающих экранов.



Рис. 3. Светоотражающие экраны

В 2015 году в Южной Корее была разработана технология роликового дорожного ограждения (рис. 4). Это изобретение представляет собой стальные трубы, между которыми расположены пластиковые вращающиеся ролики. Последние окрашены в желтый цвет, а также покрыты светоотражающим составом, что делает их заметными в темное время суток. Если автомобиль наезжает на такое ограждение, оно принимает основной удар на себя. Ролики начинают вращаться и не дают машине перевернуться, а гибкая конструкция значительно уменьшает повреждения самого автомобиля.



Рис. 4. Роликовые дорожные ограждения

В настоящее время появляются новые, качественные технологии, обеспечивающие безопасность на автомобильных дорогах. Но данные нововведения требуют рассмотрения и внесения в состав нормативной базы.

Применение новых технологий позволит:

- уменьшить количество тяжелых ДТП;
- сократить затраты на возведение капитальных конструкций;
- увеличить уровень комфорта на автомобильных дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/ru>.
2. Роликовые дорожные ограждения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://novate.ru/>.
3. ГОСТ 26804-2012 Ограждения дорожные металлические барьерного типа.

ОТЛИЧИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПО ПНСТ 265-018

А.В. Галкина, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.А. Игнатьев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются отличия проектирования нежестких дорожных одежд по существующему стандарту и предварительному национальному стандарту.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, технология «СПАС», полимерно-битумное вяжущее, осевая нагрузка.

DIFFERENCES BETWEEN TRADITIONAL TECHNOLOGY OF DESIGNING THE FLEXIBLE ROAD PAVEMENT FROM PNST 265-018 TECHNOLOGY

A.V. Galkina, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores differences in the design of non-rigid pavements for the existing standard and preliminary national standard.

Keywords: stone-mastic asphalt concrete, superpave technology, polymer-bitumen binder, axial load.

Дорожная отрасль первой воспользовалась предоставленной законодательством возможностью, когда, в соответствии с внесенными в закон «О техническом регулировании» изменениями, появился новый вид нормативных документов – предварительный национальный стандарт (ПНСТ). Этот документ может действовать параллельно с ранее существующим стандартом в течение трех лет, после чего принимается решение об отмене того или иного документа [1].

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 апреля 2018 г. был введен и утвержден предварительный национальный стандарт по проектированию нежестких дорожных одежд ПНСТ 265-2018, который следует рассматривать как дополнение к действующему стандарту ОДН 218.046-01.

ПНСТ 265-2018 предназначен для проектирования нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте.

Изменения, внесенные в предварительном стандарте, касаются повышения несущей способности конструкций автомобильных дорог, причиной которых является увеличение интенсивности транспортного потока за последние 18 лет.

В новом стандарте указаны рекомендованные к применению для устройства асфальтобетонных покрытий следующие материалы:

1) Для верхнего слоя покрытия (АВ) щебеночно-мастичные асфальтобетоны такие как ЩМА-22, ЩМА-19, ЩМА-16 и ЩМА-11 на ПБВ, БНД или битумном вяжущем в соответствии с РГ (марка битумного вяжущего, установленная в соответствии с температурным диапазоном эксплуатации автомобильной дороги); щебеночно-мастичный асфальтобетон, запроектированный по методу объемного проектирования, например, SMA-19 и SMA-12,5 на вяжущем, классифицируемом по РГ; асфальтобетоны А22В, А16В, А11В на ПБВ, БНД на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ; асфальтобетонные смеси, запроектированные по методу объемного проектирования по методологии «СПАС», такие как SP-19, SP-12, на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ.

2) Для нижнего слоя покрытия (АН) асфальтобетоны А32Н, А22Н, А16Н на БНД или на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ; асфальтобетонные смеси, запроектированные по методу объемного проектирования по методологии «СПАС», такие как SP-25, SP-19, на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ.

3) Для верхнего слоя основания (АО) асфальтобетоны А32О, А22О на БНД или на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ; асфальтобетонные смеси, запроектированные по методу объемного проектирования по методологии «СПАС», такие как SP-37, SP-25, SP-19 на битумном вяжущем, классифицируемом по РГ.

При этом минимальная толщина слоев для капитального и облегченного типа дорожной одежды не изменилась и должна быть 18 см для дорожных одежд капитального типа и 12 см для дорожных одежд облегченного типа.

Следует отметить и изменения в данных, соответствующих группе расчетной нагрузки.

Таблица 1. Расчетные параметры нагрузок в ОДН 218.046-01

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч.}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
			P , МПа	D , см
A_1	100	50	0,60	37/33
A_2	110	55	0,60	39/34
A_3	130	65	0,60	24/37

Таблица 2. Расчетные параметры нагрузок в ПНСТ 265-2018

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка $P_{ст}$, кН		Расчетные параметры нагрузки	
	на ось	на колесо	Давление на покрытие p , МПа	Диаметры $D_d/D_{ст}$, см
A-10	100	50,0	0,60	37/33
A-11,5	115	57,5	0,80	34/30

Сравнивая данные из таблиц, видим, что данные для группы расчетной нагрузки A_1 остались прежние, но изменилось обозначение для групп. Появилась еще одна группа, заменив последние две, уже с новыми значениями нормативной статической нагрузкой и расчетными параметрами нагрузки. Согласно ПНСТ, величину нормативного давления на покрытие следует принимать:

– $p = 0,8$ МПа – для автомобильных дорог с капитальными дорожными одеждами;

– $p = 0,6$ МПа – для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами.

Значения осевой нормативной нагрузки следует принимать на автомобильных дорогах:

– с капитальным типом дорожной одежды – 115 кН;

– с облегченным и переходным типами дорожной одежды – 100 кН

[3].

Изменилась табличная величина минимального требуемого общего модуля упругости конструкции (МПа), в сторону увеличения, а также появился модуль упругости для дорожных одежд капитального типа IV категории дороги.

Таблица 3. Сравнение табличных модулей упругости

ОДН 218.046-01	ПНСТ 265-2018
Для дорожной одежды капитального типа: I – 230, II – 220, III – 200; облегченного типа: II – 210, III – 200, IV – 150, V – 100; переходного типа: IV – 100, V – 50.	Для дорожной одежды капитального типа: I – 330, II – 325, III – 310, IV – 250; облегченного типа: III – 235, IV – 180, V – 150; переходного типа: IV – 110, V – 75.

В ходе проведенного сравнения было выявлено, что технология «СПАС» применяет более жесткие требования по сравнению с существующими методиками. Несмотря на их сильные различия, ужесточение требований безусловно положительно скажется на конечных результатах. Также стоит отметить, что теперь асфальтобетоны применяются на ПБВ, БНД и битумных вяжущих по РГ, изменились требования для материалов слоев покрытия, увеличилось давление от колес транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые подходы к стандартизации дорожных асфальтобетонов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-podhody-k-standartizatsii-dorozhnyh-asfaltobetonov>.
2. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 2001-01-01.
3. ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 2018-04-11. М.: Стандартинформ, 2018.

**ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ФОСФОГИПСА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛИРОВАННОГО
АСФАЛЬТОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОГО ПОЛИМЕРНОГО
МОДИФИКАТОРА БИТУМА**

Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.А. Игнатьев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются результаты исследований образцов гранулированного асфальтобетона с использованием полиэтилентерефталатного полимерного модификатора на возможность образования высокопрочного нанокompозита на основе кристаллогидратов фосфогипса с разным содержанием воды.

***Ключевые слова:** Фосфогипс, отходы, кристаллогидрат сульфата кальция, гранулированный асфальтобетон.*

**INFLUENCE OF PHOSPHOGIPS PROPERTIES
ON TECHNICAL CHARACTERISTICS OF GRANULATED
ASPHALT CONCRETE WITH THE USE
OF POLYETHYLENEREPHTHALATE POLYMER BITUMEN
MODIFIER**

D.V. Gerasimov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the results of studies of samples of granulated asphalt concrete using polyethylene terephthalate polymer modifier on the possibility of the formation of high-strength nanocomposite based on phosphogypsum cristohydrates with different water content.

***Keywords:** Phosphogypsum, waste, calcium sulphate crystallistate, granular asphalt concrete.*

Отрасль дорожного строительства Российской Федерации испытывает крайнюю потребность в качественных строительных материалах. Наиболее высокие требования предъявляются к качеству асфальтобетона, поскольку процессы его производства и укладки в сравнении с другими дорожно-строительными материалами являются наиболее трудоёмкими и затратными.

Таким образом, рынок ставит перед производителем асфальтобетона следующие задачи:

- достижение высоких показателей эксплуатационных характеристик асфальтобетона;
- низкая себестоимость;
- низкая трудоёмкость укладки.

В Ярославском государственном техническом университете на протяжении нескольких лет ведётся разработка гранулированной асфальтобетонной смеси на основе промышленных и бытовых отходов, перспективное применение которой в строительстве позволит решить вышеуказанные задачи, а также снизит негативное воздействие на окружающую среду от растущих объёмов промышленных и бытовых отходов.

Гранулированная асфальтобетонная смесь представляет собой шарообразные окатыши, полученные путём вращения в разогретом до 150 °С барабанном или тарельчатом грануляторе фракционированного гранитного щебня с последующим нанесением оболочек из асфальтовязущего вещества, за счёт попеременного ввода разогретого вяжущего и мелкого минерального заполнителя [1].

Асфальтобетон является дисперсно-наполненным композиционным материалом [2]. Мелкие минеральные частицы и модифицированное вяжущее образуют в совокупности асфальтовязущее вещество [3], в котором дисперсную часть составляют мелкие минеральные частицы, а в качестве связующего (матрицы) используется битумное или полимербитумное вяжущее.

Как показал ряд лабораторных тестов, в качестве мелкого минерального заполнителя можно использовать как традиционный для этих целей минеральный порошок МП-1, так и его альтернативную замену – фосфогипс, поскольку он обладает схожими показателями удельной поверхности и высокой адгезионной способностью к взаимодействию с битумом.

Фосфогипс – крупнотоннажный отход производства фосфорной кислоты и фосфатных минеральных удобрений, состоящий на 95 % из природного двухводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

При использовании традиционного минерального порошка МП-1 в качестве вяжущего допустимо использовать обычный нефтяной дорожный битум БНД, однако при замене минерального порошка МП-1 на

фосфогипс в состав битумного вяжущего необходимо вводить полимерную гидрофобизирующую добавку на основе полиэтилентерефталата (ПЭТ), в количестве не менее 20 % от массы вяжущего. Добавление гидрофобизирующей добавки обусловлено высокой гидрофильностью двухводного гипса в составе фосфогипса, его разбухания на величину 1...2 %, за счет чего кардинально снижаются прочностные характеристики асфальтобетонного композита.

Стоит отметить, что введение в состав битумного вяжущего ПЭТ-модификатора не единственный путь решения проблемы гидрофильности фосфогипса. Существуют пути снижения показателей водонасыщения двухводного гипса за счёт перевода его из двухводного в безводное состояние (CaSO_4).

Для определения наиболее подходящей химической модификации гипса в составе фосфогипса и использования его в качестве мелкого минерального заполнителя, а также определения влияния на прочностные характеристики, водонасыщение и водостойкость был проведён эксперимент в котором испытывались 2 партии образцов изготовленные с применением:

- полуводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) – строительного гипса. Обладает высоким водопоглощением за счёт гидратации до двухводного гипса в процессе схватывания. Получен в результате прокаливании двухводного гипса в атмосферной печи при температуре 180...190 °С в течение часа;

- безводного гипса (CaSO_4) – «мертвого» гипса. Обладает пониженным водопоглощением по сравнению с полуводным гипсом, вяжущие свойства отсутствуют. Получен в результате прокаливании двухводного гипса в атмосферной печи при температуре 250 °С в течение часа, для гарантированного выведения воды из молекулярной структуры продукта.

В качестве контрольной партии были изготовлены образцы с применением двухводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), поскольку гипс именно такой химической модификации использовался изначально и складировался в отвалы на площадках химических предприятий. Вяжущие свойства несколько ниже чем у полуводного гипса.

Проведение работ было представлено следующими этапами:

- сушка и измельчение фосфогипса;
- прокаливание фосфогипса;
- приготовление битума, модифицированного ПЭТ-добавкой;
- получение гранулированной асфальтобетонной смеси;
- проведение испытаний смеси в соответствии с ГОСТ 12801-98.

Испытания асфальтобетонных смесей по ГОСТ предполагает определение свойств материала по большому набору показателей. Однако в нашем случае этот набор ограничен, в связи с тем, что наиболее значи-

мыми факторами являлись водостойкость, водонасыщение и прочность материала.

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

Горячий асфальтобетон, $t_{\text{форм}} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Показатель	Ед. изм.	Химическая модификация гипса в фосфогипсе			Нормы ГОСТ 9128-2013
		ГАБС $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (двуводный гипс)	ГАБС $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (полуводный гипс)	ГАБС CaSO_4 (безводный гипс)	
Сопротивление сжатию при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	МПа	6,6	8,2	7,5	2,5
Водонасыщение	%	2,11	3,34	2,20	1,0...4,0
Коэффициент водостойкости	-	0,77	0,66	0,80	Не ниже 0,85
Холодный асфальтобетон, $t_{\text{форм}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Показатель	Ед. изм.	Химическая модификация гипса в фосфогипсе			Нормы ГОСТ 9128-2013
		ГАБС $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (двуводный гипс)	ГАБС $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (полуводный гипс)	ГАБС CaSO_4 (безводный гипс)	
Сопротивление сжатию при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	МПа	6,8	6,3	6,2	1,5

По данным испытаний можно сделать следующие выводы:

1) Вяжущие свойства полуводного гипса подтвердились, образцы асфальтобетона до контакта с водой показали сверхвысокие показатели прочности при сжатии при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако также проявились негативные факторы в виде разбухания и повышенного водонасыщения образцов, что привело к снижению коэффициента водостойкости;

2) Прочность и водонепроницаемость матрицы из модифицированного ПЭТ вяжущего недостаточна, чтобы избежать гидратацию полу-

водного гипса до двухводного, однако достаточно чтобы избежать излишнего водонасыщения двухводного и безводного гипса.

3) Водостойкость и водонасыщение безводного гипса были переоценены и практически ничем не отличаются от характеристик безводного гипса.

4) Впечатляющие результаты испытаний холодных образцов асфальтобетона, прочность которых оказывается на уровне горячих. Однако испытаний на водостойкость требованиями ГОСТ не предусмотрено.

Таким образом наиболее целесообразно использование двухводного гипса, то есть использование отвального фосфогипса, не подверженного дополнительной переработке. Перевод гипса в составе фосфогипса из двухводной в безводную химическую модификацию не приносит никакого эффекта. Использование полуводного гипса совершенно нерентабельно, поскольку водонасыщение образцов возрастает, а водостойкость снижается.

Стоит отметить, что несмотря на снижение коэффициента водостойкости до 0,66 в партии образцов использующих полуводный гипс, среднее значение прочности после водонасыщения составило 5,42 МПа, что в 2 раза превышает нормативную прочность при сжатии при 20 °С по ГОСТ 9128-2013 для горячих смесей в сухом состоянии.

Данное испытание подкрепило правильность выбора пути гидрофобизации фосфогипса за счёт внесения ПЭТ-добавки в состав битумного вяжущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2182136 Российская Федерация МПК7 С 04 В 26/26 Способ получения асфальтобетонной смеси / В.М. Готовцев, А.И. Зайцев, И. В Галицкий, Д.В. Баскаков / ЯГТУ. № 000/03; заявл. 06.03.2000; опубл. 10.05.2002.
2. Перспективы использования фосфогипса в производстве асфальтобетона / Д.В. Герасимов, А.А. Игнатъев, В.М. Готовцев, И.В. Голиков // Дороги и мосты. 2019. № 40.
3. *Сахаров П.В.* Дорожные строительные материалы / П.В. Сахаров. М.: Гострансхиздат, 1938. 256 с.

УДК 625.855

ПРИМЕНЕНИЕ ОКАТАННОГО АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА В КАЧЕСТВЕ ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

К.А. Иванова, Р.Ю. Гогин, В.С. Кормщикова, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение окатанного асфальтогранулята в качестве холодного асфальтобетона.

***Ключевые слова:** асфальтогранулят, метод окатывания.*

APPLICATION OF ROUNDED ASPHALT GRANULATE AS A COLD-LAY ASPHALT CONCRETE

K.A. Ivanova, R.Yu. Gogin, V.S. Kormshchikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Application of rounded asphalt granulate as a cold-lay asphalt concrete is considered.

***Keywords:** asphalt granulate, granulation by pelletizing.*

Широкий спектр работ по ремонту включает в себя применение асфальтогранулята – асфальтовой крошки. По своему составу – это вторичное сырье, получаемое из асфальтобетона в процессе ремонта автомобильных дорог. Фрезерование поверхности происходит с помощью дорожной фрезы, в процессе работы которой происходит измельчение материал. Получение мелкой, средней или крупной фракции осуществляется просеиванием [1].

Доступная стоимость и высокое качество сырья обуславливает широкое применение асфальтовой крошки. В составе содержатся частицы битума, которые при разогреве демонстрируют высокое сцепление материала с другими элементами. Поэтому асфальтогранулят применяют для устройства временных дорожных покрытий, дорог с невысокой на-

грузкой, обустройства стоянок и площадок, засыпки выбоин и ям и создания дорожных обочин. Также в настоящее время ведутся исследования по использованию асфальтовой крошки в качестве добавки в асфальтобетонные смеси различных типов и марок с целью увеличения прочностных характеристик и уменьшения стоимости продукции.

Но объёмы асфальтового гранулята настолько велики, что необходимо искать более широкое применение. Иными словами, не в качестве добавки к асфальтобетонным смесям или временного дорожного покрытия, а в качестве самостоятельного материала в виде холодной асфальтобетонной смеси.

Для получения новых свойств материала, производится его обработка методом окатывания.

Такой способ широко использовался в промышленных масштабах для получения гранулированных минеральных удобрений. Гранулирование окатыванием осуществляют во вращающихся барабанных грануляторах. Гранулируемый порошкообразный материал вводят в рабочий объём аппарата и смачивают небольшим количеством связующего материала. В процессе движения материала вдоль стенок барабана он смачивается и образует агломераты частиц, на которые накатывается зерна порошка с получением гранул округлой формы. Рост гранул происходит вследствие попеременного ввода порошкообразной фракции и связующего в массу обрабатываемого материала[2].

Для определения гранулометрического состава смеси, обработанной вышеуказанным способом, асфальтогранулят проходил фракционирование с использованием сит с квадратными отверстиями ПНСТ 75–2015. После чего вычислялось процентное соотношение каждой фракции от общей массы материала. Данные значения приведены в графике на рис. 1.

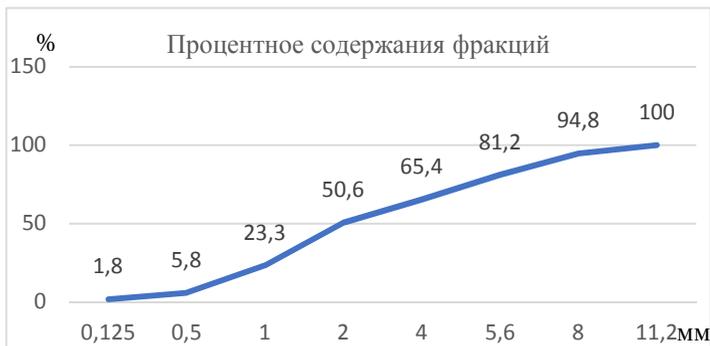


Рис. 1. График процентного содержания фракций

Далее определяли прочность каждой фракции. Для этого формовали и испытывали образцы на прочность согласно ГОСТ 12801-84 «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний». Прессование образцов асфальтогранулята в этом случае проводилось без предварительного подогрева при комнатной температуре. Все данные сведены в график на рис. 2.



Рис. 2. График прочности образцов

Дальнейшим шагом исследований был поиск оптимального гранулометрического состава окатанного асфальтогранулята. Для этого мы составляли и формовали несколько образцов с применением разных фракций. Процентное содержание фракций составляемых проб принимали одинаковым и различным, вычисленное путем наложения графиков 1 и 2.

По причине маленького содержания размера фракции 0,125 мм при составлении проб его не использовали.

В результате подбора у нас получилось 5 отличных друг от друга образцов:

1 – состоит из фракций 0,5 мм; 2 мм; 5,6 мм; 11,2 мм, которые находятся в различном процентном содержании (26,1%; 15,2%; 41,3%; 17,4% соответственно);

2 – состоит из фракций 0,5 мм; 2 мм; 5,6 мм; 11,2 мм, которые находятся в одинаковом процентном содержании (25%; 25%; 25%; 25% соответственно);

3 – состоит из фракций 1 мм; 4 мм; 8 мм, которые находятся в различном процентном содержании (55,3%; 38,3%; 6,4% соответственно);

4 – состоит из фракций 1 мм; 4 мм; 8 мм, которые находятся в одинаковом процентном содержании (33,3%; 33,3%; 33,3% соответственно);

5 – состоит из фракций 0,5 мм; 1 мм; 2 мм; 4 мм; 5,6 мм; 8 мм; 11,2 мм, которые находятся в различном процентном содержании (8,6%; 28%; 20,4%; 19,4%; 7,5%; 3,2%; 12,9% соответственно).

Для выбора оптимального состава каждый из образцов проверили на прочность при сжатии. Все полученные значения обобщены в табл. 1.

Таблица 1. Прочность испытываемых образцов

Номер образца	Прочность, кг
1	1520
2	1860
3	2700
4	2400
5	2540

По таблице 1 можно увидеть, что наиболее высокий показатель прочности при сжатии показал образец под номером 3.

В результате всех проведённых исследований мы можем утверждать, что наиболее оптимальный гранулометрический состав материала состоит из фракций 1 мм; 4 мм; 8 мм, которые находятся в различном процентном содержании.

Для полноты эксперимента в конце работы сравним прочность холодного асфальтобетона при сжатии в сухом состоянии при 20 градусах по ГОСТ 9128-2013 равно 1,0-1,7 МПа, а прочность выбранного нами образца 13,2 МПа.

В конечном итоге мы можем сделать вывод, что полученный материал прочнее холодного асфальтобетона более чем в 7 раз.

В результате проведённых исследований установлено, что:

1. Технология окатывания может быть использована, что подтверждено проведёнными исследованиями.
2. Прочность образцов, уплотнённых в холодном состоянии, оказалась в 7 раз выше, чем требуется в ГОСТ.
3. Максимальная прочность оказалась у образцов, составленных из фракции 4 мм.
4. Требуются дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение асфальтовой крошки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://m-s-k-region.ru/primenenie-asfaltovoj-kroshki.html>
2. Dispersed-filled composites with a structured nanoscale / A. Ignatiev, D. Gerasimov, I. Golikov, V. Gotovtsev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 365. (2018).
3. Перспективы использования фосфогипса в производстве асфальтобетона / А.А. Игнатъев, Д.В. Герасимов, В.М. Готовцев, В.И. Голиков // Дороги и мосты. 2018. № 40. С. 304-315.

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КАК СТАБИЛИЗАТОР ГРУНТА. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НА СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

А.В. Князева, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится сравнение содержания портландцемента на свойства укрепленных глинистых грунтов.

***Ключевые слова:** глинистый грунт, портландцемент, предел прочности, физико-технические свойства.*

PORTLAND CEMENT AS A SOIL BINDER. INFLUENCE OF CONTENT ON FORTIFIED CLAY SOIL PROPERTIES

A.V. Knyazeva, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article provides a description of influence of portland cement on the properties of fortified clay soils.

***Keywords:** fortified clay soil, portland cement, tensile strength, physical and technical properties.*

Автомобильные дороги являются важнейшей составной частью транспортной системы страны. От уровня транспортно – эксплуатационного состояния и развития сети автомобильных дорог общего пользования, обеспечивающих связи между регионами и населенными пунктами Российской Федерации, а также выходы на дорожную сеть сопредельных государств, во многом зависит решение задач достижения устойчивого экономического роста, улучшения условий предпринимательской деятельности и повышения качества жизни населения [1].

На сегодняшний день очень актуальна проблема увеличения срока эксплуатации дорог. Темпы развития дорожной сети не соответствуют

потребностям экономики страны. Разрыв между темпами роста автомобилизации и развития дорог увеличивается, что в итоге может привести к возникновению транспортных заторов и сдерживанию экономического роста из – за недостаточной пропускной способности дорожной сети.

Тысячи километров автомобильных дорог на территории Российской Федерации не ремонтируются десятками и более лет, что уже привело к необратимому разрушению дорожных покрытий. Ремонт и восстановление эти дорог обойдется в 2,5 – 3 раза дороже, чем затраты на ремонт и модернизацию при своевременном их проведении.

Одной из главных причин возникновения и развития деформаций в теле земляного полотна является разупрочнение в результате их переувлажнения. Переувлажнение же происходит из – за скопления воды в неровностях, которые образуются на поверхностях конструктивных элементов инженерных сооружений. В результате зимой происходит вспучивание, весной – разуплотнение грунта и усадка, что приводит к потере прочности сооружений. Для обеспечения стабильности сооружения необходимо осушить переувлажненные поверхности. Одно из направлений осушения грунтов искусственных сооружений связано с использованием композиций для упрочнения грунтов на основе минеральных вяжущих. Благодаря введению в грунты минеральных вяжущих веществ излишняя влага расходуется на гидратацию и цементацию вяжущих, что способствует осушению и, как следствие, упрочнению грунтов [2].

В рамках данной статьи предлагается рассмотреть укрепление глинистых грунтов с использованием портландцемента.

Физико – технические свойства цементогрунтов во многом зависят от условий происхождения (генезиса) глинистых грунтов, их минералогического, химического и гранулометрического состава [3].

По минеральному составу глинистые грунты принято подразделять на мономинеральные (каолиновые, монтмориллонитовые, иллитовые и т.п.) и полиминеральные, состоящие из различных глинистых и реликтовых минералов [4].

Повышение прочности цементогрунта происходит в результате физико – химических реакций между грунтом и вяжущим, то есть взаимодействия веществ, присутствующих в грунтовых минералах, и продуктов гидратации портландцемента (ПЦ). При этом более высокая плотность и прочность достигается за счет уменьшения пустот, связывания грунтовых частиц и их агрегации, сохранения флокуляционной структуры и предотвращения набухания грунта [5].

Существует две основные химические реакции, которые регулируют физико-механические свойства цементогрунтов: первичная реакция гидратации между цементом и водой, вторичная пуццолановая реакция между портландитом, возникшим в результате гидратации ПЦ, и глини-

стыми минералами. Реакция гидратации приводит к образованию первичных продуктов гидратации ПЦ, что обосновывает относительно высокую прочностью и морозостойкость цементогрунта. Вторичная пуццолановая реакция возникает, когда концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ достигает в поровой воде определенного предела [6].

Существуют предположения, что зависимость предела прочности на сжатие ($R_{сж}$) от содержания портландцемента разделяется на 3 зоны: неактивная зона, активная зона, нейтральная или полунейтральная зона, что показано на рис. 1.

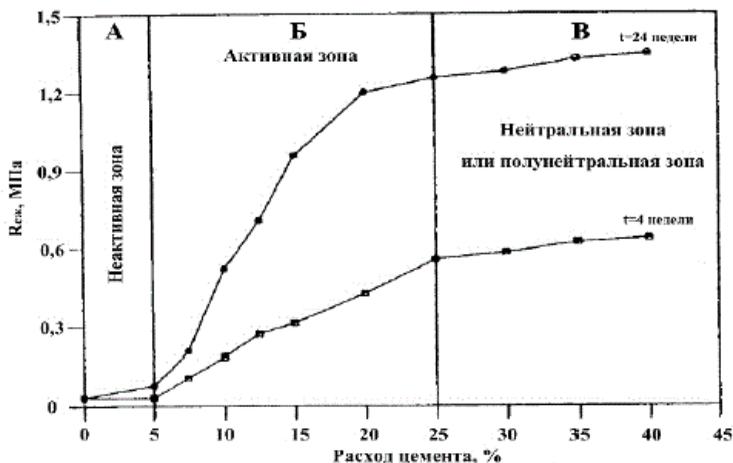


Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие укрепленных грунтов от содержания портландцемента по данным D.T. Bergado, L.R. Anderson, N. Miura, A.S. Balasubramaniam [6]

Также были рассмотрены научные труды American Concrete Institute, в которых показана линейная зависимость изменения прочности цементогрунта от содержания портландцемента (рис. 2).

Наибольший прирост прочности материала достигается при увеличении дозировки цемента и увеличении крупности заполнителя. В глинистых грунтах наблюдается меньшая зависимость прочности от расхода ПЦ в сравнении с песчаными и скальными. Нижний график соответствует прочности цементогрунта с мелкими частицами (глинистый грунт), верхние – цементогрунта с большими размерами частиц (песчаные, скальные). Из графика видно, что прочность материала на глинистом грунте соответствует закономерности $I_c=40 \cdot C$ (I_c – предел прочности на сжатие, C – расход ПЦ) [7].

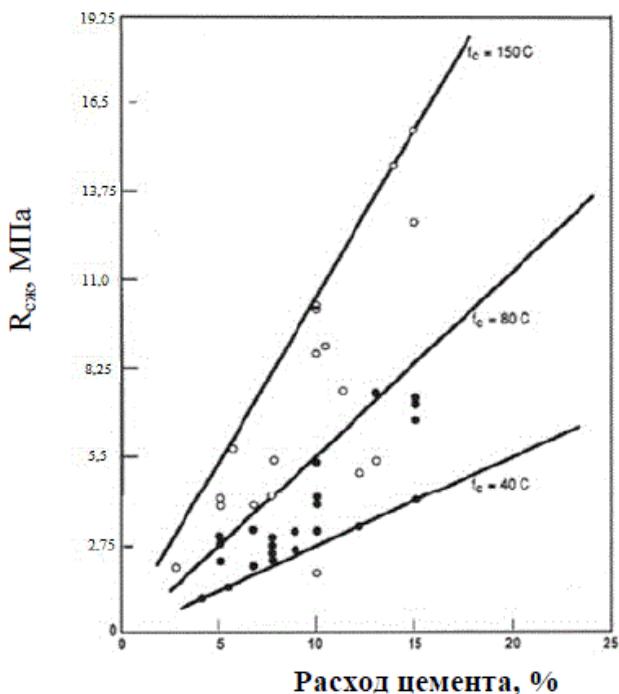


Рис. 2. Зависимость предела прочности на сжатие укрепленных грунтов от содержания портландцемента по данным American Concrete Institute [7]

В рассмотренных работах зависимость предела прочности на сжатие от расхода портландцемента в значительной степени отличается друг от друга. Поэтому целью дальнейшего исследования является установление зависимости влияния расхода портландцемента на предел прочности при сжатии укрепленных глинистых грунтов различного минералогического состава, а также определение физико-технических свойств цементогрунта с оптимальным содержанием вяжущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная программа модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplan.ru/Data2/1/4293855/4293855011.htm>

2. Состав для стабилизации грунта и способ его использования в дорожном строительстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/228/2281356.html>
3. *Безрук В.М.* Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М.: Транспорт, 1971. 247 с.
4. *Шелихов Н.С.* Строительные материалы из местного карбонатного сырья / Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов. М.: Издательство КГАСУ, 2015. 324 с.
5. Strength degradation and critical state seeking behaviour of lime treated soft clay / A.S. Balasubramaniam, B. Buessucesco, Erwin Oh Yan-Nam, M.W. Bolton, D.T. Bergado, G.A. Lorenzo // Deep Mixing. 2005. № 5. С. 35-40.
6. Improvement of soft ground in lowland and other environments / D.T. Bergado, L.R. Anderson, N. Miura, A.S. Balasubramaniam. ASCE Reston, 1996. 427 p.
7. ACI 230.1R-09: Report on Soil Cement / ACI Committee, 2009. 28 p.

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТОМ БИТУМА
В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ**

А.В. Куревенков, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена необходимость модификации дорожных битумов при помощи полимеров. Приведены результаты испытаний смеси с модифицированным вяжущим.

Ключевые слова: битум нефтяной дорожный, полимер, полиэтилен.

**APPLICATION OF MODIFIED
POLYETHYLENETEREPHTHALATE BITUMEN
IN ASPHALT CONCRETE**

A.V. Kurevenkov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores the need for modification of road bitumen with the help of polymers. Test results of the mixture with a modified binder are provided.

Keywords: oil road bitumen, polymer, polyethylene.

С каждым годом появляются всё более жесткие требования к уровню качества битумных материалов, необходимых для строительства современных покрытий автодорог, что находит подтверждение в федеральных и корпоративных нормативных требованиях.

Исходя из известного принципа, согласно которому качество асфальтобетонов определяется, главным образом, качеством битумных вяжущих, исследователи и дорожники-практики многих развитых стран пришли к выводу о целесообразности замены обычных битумов битумами, модифицированными полимерами (БМП).

Основные технические характеристики битумов связаны с их реологическими свойствами, которые необходимо определять в широком диапазоне температур, диктуемом условиями применения этих материалов. В силу существенного различия климатических условий применения битумов представляет интерес изучение их поведение в диапазоне температур от -40 до 60 °С. Столь широкий диапазон температур требует необходимость модифицирования битумов, поскольку одни и те же материалы, обладающие сходными характеристиками при стандартных температурах (например, 0 °С и 20 °С), будут сильно различаться по свойствам в более широком температурном диапазоне [1].

Принципиальный механизм регулирования свойств битума разными полимерами одинаковый. Он состоит в создании более-менее развитой сетки полимера в битуме, в который он добавляется. Результаты модификации в каждом отдельном случае зависят от совместимости полимера и битума, их количественного соотношения, температурных режимов приготовления [2].

Объективная оценка влияния разных битумополимеров и битумов на сдвигоустойчивость (и другие механические свойства) бетонов возможна только в случае сравнения объектов с оптимальным содержанием вяжущего. Под «оптимальным» понимают такое содержание вяжущего, при котором обеспечиваются максимальные или минимальные значения показателей свойств (например: максимальная прочность, минимальная деформативность при высоких и максимальная деформативность при низких температурах, и др.). Оптимальное содержания битума отвечает правилу:

- чем выше консистенция (технологическая вязкость, когезия) вяжущего, тем больше толщина его плёнки на поверхности каменных материалов и содержание в межзерновом пространстве [2].

Нестабильность свойств битума может быть нивелирована введением полиэтилентерефталата в качестве модификатора.

Полиэтилентерефталат (ПЭТ) обладает высокой механической прочностью и ударостойкостью, устойчивостью к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе и сохраняет свои высокие ударостойкие и прочностные характеристики в рабочем диапазоне температур от -40 °С до $+60$ °С. ПЭТ отличается низким коэффициентом трения и низкой гигроскопичностью.

ПЭТ обладает высокой химической стойкостью к кислотам, щелочам, солям, спиртам, парафинам, минеральным маслам, бензину, жирам. Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара.

Полиэтилентерефталат характеризуется отличной пластичностью в холодном и нагретом состоянии. Нагрев полиэтилентерефталата до температуры формования за счет меньшей теплоемкости чем у полистирола и оргстекла, требует значительно меньшей тепловой энергии и времени.

Все это приводит к экономии электроэнергии и снижению трудоемкости, а следовательно, к снижению себестоимости изготавливаемой продукции.

Данные свойства позволяют сделать вывод о возможности применения полиэтилентерефталата в производстве асфальтобетонных смесей.

На кафедре Гидротехническое и дорожное строительство Ярославского государственного технического университета продолжаются исследования свойств асфальтобетонных смесей с использованием полиэтилентерефталата в качестве модификатора для битума. На данный момент изучаются свойства смеси, приготовленной только из минерального порошка и вяжущего. Поскольку минеральный порошок является важной активной структурной составной частью асфальтобетона. Благодаря своей развитой поверхности, адсорбирующей на себя большую часть битума, минеральный порошок придаёт асфальтобетону необходимые свойства, т. е. механическую прочность, способность к упругим и пластическим деформациям, что существенно улучшает качества дорожного покрытия, увеличивает срок его службы и дает значительную экономию при эксплуатации.

Так как минеральный порошок в составе асфальтобетона является основным битумововлекающим элементом было решено начать исследования именно с него. Так же было определено что оптимальное содержание битума в смеси с минеральным порошком составляет 16%. Для испытаний были взяты два вида вяжущего. Первый вид это БНД 60/90, а второй, этот же битум с добавлением полиэтилентерефталата в количестве 20% по массе в качестве модификатора.

По технологии, описанной в пункте 6 ГОСТ 12801-98, было изготовлено 3 образца с немодифицированным и 3 образца с модифицированным битумом. Далее образцы испытывались на прочность и водонасыщение согласно ГОСТ 12801-98. Результаты испытаний сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

№ п/п	Вяжущее	$R_{сж}$ Прочность при сжатии, МПа	Среднее значение прочности, МПа	Водонасыщ. образца, %	Среднее значение водонасыщ., %
1	БНД 60/90	6,99	7,42	0,68	0,70
2		7,49		0,63	
3		7,79		0,79	
4	БНД 60/90 +ПЭТ 16%	9,18	9,12	-	-
5		9,12		-	
6		9,05		-	

Результаты эксперимента показывают, что прочность образцов с битумом, модифицированным полиэтилентерефталатом, повысилась по сравнению с немодифицированным вяжущим, это свидетельствует о положительном эффекте от введения полиэтилентерефталата в битумное вяжущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. PIARC-AIPCR / Пер. с франц. В.А. Золотарёва; П.А. Беспаловой. Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003-229 с.
2. *Золотарев В.А.* Битумы, модифицированные полимерами, и асфальтополимербетоны. Дорожная техника 2009.
3. ПНСТ 184-2016 Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон.
4. ГОСТ 33133 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования.
5. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛЯТА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

М.С. Лукьянчикова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.А. Игнатьев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение асфальтобетонного гранулята в новой асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: асфальтобетонный гранулят, асфальтобетонная смесь.

APPLICATION OF GRANULATE IN ASPHALT CONCRETE

M.S. Lukyanchikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores the usage of asphalt granulate in a new asphalt mixture.

Keywords: asphalt concrete granulate, asphalt concrete mixture.

Асфальтобетонные покрытия являются основным видом дорожных покрытий, как в России, так и за рубежом.

В процессе эксплуатации автомобильная дорога подвергается воздействию механических нагрузок от транспортных средств, а также влиянию погодно-климатических (отрицательная температура, дождь, снег и др.) и грунтово-гидрологических факторов, что со временем приводит к возникновению различных деформаций и напряжений. Постепенно накапливаясь, они приводят к появлению на поверхности дороги различных дефектов в виде трещин, выбоин, провалов, колеиности, наплывов в асфальтобетонном покрытии и др.

Дорожные службы ежегодно выполняют значительные объемы работ по ликвидации появившихся дефектов и разрушений на автомобильных дорогах с асфальтобетонным покрытием. Согласно статистическим данным, ежегодно требуется локальный ремонт поверхности покрытия в размере 2-3 % от общей площади эксплуатируемых дорог [1].

В процессе ремонта автомобильных дорог с каждым годом образуется большое количество асфальтобетонного гранулята (крошки) (рис. 1) – продукта фрезерования старого асфальтобетонного покрытия. Расчеты показывают, что в год накапливается от 15 до 20 млн тонн старого асфальтобетона, который пригоден для переработки [2]. Исходя из этого возникает проблема его утилизации, решить которую можно двумя путями использования гранулята в новой асфальтобетонной смеси.



Рис. 1. Асфальтобетонный гранулят [3]

Первый путь – использование асфальтобетонного гранулята в покрытии. Достоинствами такого способа являются:

1. Прочность к воздействию механических, статических и динамических нагрузок;
2. Устойчивость к воздействию атмосферной влаги и химически активных веществ;
3. Устойчивость к резким температурным перепадам;
4. Возможность дальнейшего измельчения путем дробления с помощью отбойного молотка;
5. Дорога, отремонтированная гранулятом более долговечна по сравнению с покрытием, которое выполнено из щебня или гравия;
6. Цена на асфальтобетонный гранулят с доставкой ниже цены на щебень почти в два раза, не говоря уже об асфальтобетонном покрытии;
7. Простота укладки, так как возможны варианты уплотнения покрытия без дорожных катков. Асфальтобетонный гранулят хорошо укатывается от колес, проезжающих транспортных средств.

Второй путь – применение гранулята в качестве добавки в новую асфальтобетонную смесь. В последнее время особое внимание стали уделять экономической выгоде использования гранулята, которая достигается за счёт сокращения расхода первичного сырья (битума, песка), объема дальних перевозок, связанных с транспортировкой сырья на асфальтобетонный завод, снижение стоимости сырья. Затраты по восстановлению дорожной одежды методами повторного использования старого асфальтобетона по сравнению с традиционными снижаются на 10-15 %. При этом экономия минерального порошка и битума составляет соответственно до 60 и 35 %.

Использование гранулята в асфальтобетоне в США было начато в 1970-х годах. В исследованиях Литтла и Эпса (1980) и Брауна (1984) было показано, что свойства асфальтобетона с добавкой гранулята могут быть даже лучше, чем без его добавки. Кроме этого, Национальным центром асфальтовой технологии США были проведены исследования поведения опытных участков, которые показали, что смеси с высоким содержанием гранулята могут отлично противостоять колееобразованию без растрескивания [2].

Кроме этого, в зарубежных странах проводились лабораторные исследования асфальтобетона, который содержал более 15 % гранулята. Например, в штате Флорида применяли смесь, которая содержала 45 % гранулята с добавлением вспененного битума, а в Манитобе (Канада) построили опытный участок дороги с асфальтобетонным покрытием, применяя 50 % гранулята.

Согласно ОДМ 218.2.034-2013, не допускается применять в верхнем слое покрытия на дорогах высоких категорий асфальтобетонные смеси, которые содержат до 15 % гранулята, так как с таким низким содержанием гранулята свойства асфальтобетона практически не изменяются. С увеличением содержания гранулята в асфальтобетоне растёт модуль упругости битума и сопротивление колееобразованию.

Департамент транспорта Нью-Джерси в 2012 году утвердил спецификации для асфальтобетона с высоким содержанием гранулята. В них допускается содержание гранулята для верхнего слоя покрытия в количестве 20 %, а для промежуточных слоев покрытия и слоев основания – 30% (аналогично спецификации штата Вирджинии 2007 года) [2].

В рамках действующего с 1 июля 2013 года ГОСТ Р 550522012 гранулят можно охарактеризовать как ценный материал, который пригоден для повторного использования в новой горячей асфальтовой смеси. Новый стандарт схож с европейскими стандартами на асфальтобетон EN 1310801 и гранулят старого асфальтобетона EN 1310808. В ближайшем будущем этот стандарт позволит поднять планку уровня использования

асфальтобетонного гранулята как высококачественного материала для дорожной одежды [4].

Использование ресурсосберегающих технологий по применению регенерированных старых асфальтобетонных материалов позволяет создавать замену определенной части компонентов асфальтобетонной смеси с соблюдением основных требований к качеству дорожных покрытий. При этом уменьшаются расходы на приобретение битума, экономятся энергоресурсы и материалы.

На кафедре «Гидротехническое и дорожное строительство» в настоящее время проводятся лабораторные исследования по подбору оптимального состава асфальтобетонной смеси с применением гранулята. Кроме этого, в некоторых составах планируется модифицировать битум пластиком с дальнейшим добавлением его в новую асфальтобетонную смесь с гранулятом. Для достижения данной цели будет изготовлено несколько серий образцов с последующим определением их основных физических показателей, таких как: средняя плотность асфальтобетона; средняя плотность минеральной части асфальтобетона; пористость; водонасыщение; набухание. Также, будут определены основные механические показатели: предел прочности асфальтобетона при сжатии; определение коэффициента водостойкости; предела прочности асфальтобетона на растяжение при расколе; определение характеристик сдвигоустойчивости.

По итогам работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Исходя из проведенного анализа, при подборе состава асфальтобетонной смеси, содержащей гранулят, применяемый, прежде всего, с целью экономии ресурсов, следует ориентироваться на показатель выносливности асфальтобетона. Рекомендуемое количество вводимого в асфальтобетон гранулята без корректировки марки добавляемого битума варьируется от 15 до 25 %.
2. В настоящее время нет окончательных результатов использования асфальтобетонного гранулята и требуется проведение дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс. Режим доступа: https://studme.org/220267/stroitelstvo/sovremennye_sposoby_vosstanovleniyapoverhnosti_remonta_pokrytiy_avtomobilnyh_dorog_asfaltobetona
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://rosdornii.ru/files/dorogi-i-mosti/39/22.pdf>
3. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://yandex.ru/images/search>
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://dorogniki.com/novosti/ispolzovanie-granulyata-starogo-asfaltobetona-v-dorozhnom-stroitelstve/>

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ
ТРЕБОВАНИЙ К АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ПО ПНСТ 184-2016**

Е.А. Пожарская, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приведено сравнение ПНСТ 184-2016 с действующими нормативными документами.

Ключевые слова: ПНСТ, асфальтобетонная смесь, ГОСТ.

**IMPROVING THE REGULATORY REQUIREMENTS
FOR ASPHALT CONCRETE ACCORDING TO PNST 184-2016
TECHNOLOGY**

E.A. Pozharskaya, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article provides a comparison between PNST 184-2016 documentation with currently active regulations.

Keywords: PNST documentation, asphalt concrete mixture, GOST.

В связи с вступлением в силу новых межгосударственных стандартов на каменные материалы, включенных в перечень стандартов, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011), а также предварительных национальных стандартов, разработанных в рамках внедрения системы «Supergave», возникает необходимость переработки действующих нормативных документов, регламентирующих технические требования и методы испытаний асфальтобетонных смесей и асфальтобетона.

ПНСТ 184 разработан в качестве альтернативы ГОСТ 9128-2013 автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК») при участии специалистов 9 подрядных организаций, лаборатории которых оснащены импортными приборами и оборудованием для испытания дорожно-строительных материалов. Рассматриваемый ПНСТ предназначен для использования в качестве руководства по устройству конструктивных слоев на дорогах общего пользования и взаимосвязан с межгосударственными стандартами, включенными в перечень технического регламента ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» [1].

По сравнению с действующим ГОСТ 9128-2013 в ПНСТ 184 сильно изменена классификация продукта. Отмена классификации по содержанию щебня (гравия) в смеси, по виду минерального состава, по вязкости битума и температуре при укладке смеси, а также по остаточной величине пористости асфальтобетона. Расширена и модифицирована классификация по наибольшему размеру в смеси минеральных зерен. Предусмотрены 6 типов асфальтобетонной смеси от А 5 до А 32 в зависимости от номинального максимального размера зерен минеральной части вместо песчаных, мелкозернистых и крупнозернистых по ГОСТ 9128. Кроме асфальтобетонных смесей для верхнего и нижнего слоев покрытия отдельно выделены смеси для слоя основания. И наконец, в ПНСТ 184 асфальтобетонные смеси подразделяются для дорог с тяжелыми, нормальными и легкими условиями движения вместо традиционных I, II и III марок по ГОСТ 9128-2013. Переход от марок асфальтобетонной смеси к классификации в зависимости от условий эксплуатации (для дорог с тяжелыми, нормальными и легкими условиями движения) является вполне оправданным, так как по степени загруженности автомобильные дороги различаются в очень широких пределах, в том числе и в рамках одной и той же технической категории.

При загруженности дорог автомобильным транспортом ограничивать номенклатуру и ужесточать требования к асфальтобетону нецелесообразно как по экономическим соображениям, так и с позиций долговечности покрытий в различных условиях эксплуатации. Например, предшествующим поколением дорожных организаций было установлено, что теплые и холодные асфальтобетонные смеси в отличие от горячих являются более предпочтительными для устройства дорожных покрытий с низкой интенсивностью движения. При низкой интенсивности движения автомобилей они не только экономически оправданы, но, как правило, более долговечны и лучше сопротивляются одиночным сверхнормативным осевым нагрузкам. К сожалению, в новом нормативном документе для таких составов асфальтобетонных смесей места не нашлось.

Главным документом при приемо-сдаточных испытаниях является утвержденный состав асфальтобетонной смеси. В связи с этим нормирование предельно-допустимых отклонений отдельных показателей качества от рецепта является бесспорным преимуществом ПНСТ 184-2016, так как направлено на повышение однородности приготавливаемой асфальтобетонной смеси.

Нормы водостойкости в ПНСТ 184-2016 в отличие от ГОСТ 9128-2013 назначены без учета климатических условий эксплуатации асфальтобетона. ГОСТ 9128 неоднократно критиковался по причине отсутствия в нем показателей свойств асфальтобетона, используемых при проектировании дорожных конструкций. К существенным недостаткам относят также отсутствие методов циклических испытаний для оценки усталостных свойств асфальтобетона и использование разрушающих методов при скоростях нагружения образцов, не сопоставимых с условиями нагружения дорожных покрытий. В ПНСТ 184-2016 введены в качестве дополнительных показателей предел прочности на растяжение при изгибе и предельная относительная деформация, которые оцениваются по результатам испытаний трех образцов-балочек длиной не менее 220 мм при температуре минус 18 °С со скоростью нагружения 10 мм/мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу о совершенствовании нормативных требований к асфальтобетону, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rosdornii.ru/files/dorogi-i-mosti/37/18.pdf>
2. ПНСТ 184-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 40 с.
3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 89 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРУНТОИЗВЕСТКОВОЙ СМЕСИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Л.Ю. Селянинова, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приведён краткий обзор на применение грунтоизвестковой смеси в дорожном строительстве. Рассмотрены физико-химические процессы структурообразования грунтов, укрепленных известью.

***Ключевые слова:** Грунт, укрепленный известью, грунтоизвестковая смесь, укрепленный грунт, укрепленные грунты дорожной одежды.*

THE USE OF PRIMER-SLAKED LIME MIX IN ROAD CONSTRUCTION

L.Yu. Selyaninova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A brief overview on the use of primer-slaked lime mix in road construction. The article deals with methods of selection and composition of primer-slaked lime mixtures.

***Keywords:** primer reinforced with slaked lime; primer-slaked lime mix; strengthened primer; reinforced primer of road mats.*

Строительство автомобильных дорог связано с большим потреблением высокопрочных каменных материалов, что приводит к значительной стоимости строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог, так как количество месторождений горных пород, пригодных для производства этих материалов, на территории нашей страны ограничено. Использование в конструкциях автомобильных дорог укрепленных грунтов взамен высокопрочных каменных материалов

позволяет значительно снизить стоимость строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог. Одним из наиболее известных способов укрепления грунтов в дорожном строительстве является укрепление известью.

До недавнего времени считалось общепризнанным, что известковые строительные растворы твердеют только вследствие поглощения ими углекислого газа из воздуха. При этом известь превращается в углекислый кальций (карбонат кальция), нерастворимый в воде и выкристаллизовывающийся в виде камня.

Считалось, что негашеная известь, в отличие от других вяжущих (гипса, различных цементов), не способна твердеть при взаимодействии с водой в результате реакции гидратации, и поэтому представляет собой лишь полуфабрикат, который перед применением необходимо гасить, превращая в готовый продукт – гашеную известь.

В научной и технической литературе прошлого встречался ряд отдельных указаний на то, что известь, взятая в негашеном виде, может быть использована и без предварительного гашения. Однако эти указания носили отрывочный характер. Они не привели к изменению установившихся взглядов на твердение извести, не повлияли на развитие научных представлений в этой области, не внесли никаких изменений в практику использования строительной извести и были забыты.

Только многочисленные опыты, поставленные лауреатом Сталинской премии И.В. Смирновым в производственных условиях, начиная с 1926 года, и его дальнейшие многочисленные исследования неопровержимо доказали, что известь, взятая в негашеном виде, в определенных условиях способна, как и другие вяжущие вещества, к гидратационному твердению.

И.В. Смирнов показал, что негашеная известь может быть с большим успехом использована в строительстве и в производстве строительных материалов, а процесс предварительного гашения извести, при котором не реализуется ее способность к гидратационному твердению является нерациональным.

Известь может применяться в дорожном строительстве для достижения таких целей, как:

1. Осушение грунтов;
2. Укрепление грунтов.

Негашеная известь при смешивании с влажным грунтом, забирает до 32% от его собственного веса воды из окружающего грунта с образованием гашеной извести. Выделяемое тепло, при этой реакции будет дополнительно приводить к снижению влажности из-за испарения. Причем реакция с водой происходит даже в том случае, если грунт не содержит значительного количества глинистых частиц. Реакция же с глинистыми

частицами вызывает дальнейшее осушение. В результате осушение происходит в течение нескольких часов, что позволяет уплотнить грунт значительно быстрее, чем при естественном испарении.

В Российской Федерации укрепление грунтов известью регламентируется ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с Изменениями № 1, 2)». Данный документ устанавливает возможность применения извести как самостоятельное вяжущее и в составе комплексных вяжущих в качестве активатора твердения. В то же время в этом документе отсутствуют сведения о качественных характеристиках грунтов, укрепленных известью, отсутствуют четкие рекомендации по подбору составов грунтоизвестковых смесей. Между тем в Российской Федерации и других странах накоплен большой опыт по известкованию грунтов.

Известь в дорожном строительстве может применяться в следующих целях:

- оснований дорожных одежд на дорогах I-III технической категории;
- покрытий на дорогах IV-V технических категорий;
- оснований аэродромных взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек и мест стоянок.

В разных странах методики подбора составов грунтовых смесей отличаются. Основные расхождения в методиках подборов составов в основном касаются методик лабораторных испытаний и определения качественных характеристик, связанных с оптимизацией грунтовой смеси. Российские нормативные требования по подбору составов грунтовых смесей очень трудоемкие и требуют совершенствования в области укрепления грунтов известью с учетом опыта других стран.

Для определения оптимального количества извести для укрепления грунтов в лабораторных условиях производится подбор состава грунто-известкового соотношения.

В основе всех методик подбора состава грунтоизвестковой смеси лежит ориентировочное значение количества извести (табл. 1), которое корректируется путем определения качественных характеристик грунтоизвестковой смеси.

**Таблица 1. Ориентировочное содержание извести при подборе состава
грунтоизвестковой смеси [3]**

Наименование конструктивного элемента автомобильной дороги	Содержание извести в грунтоизвестковой смеси, % от массы грунта		
	США	Швеция	Канада
Слои автомобильных дорог из несвязных дорог	2-8	-	$4 \pm 0,5$ 5 ± 1
Слои автомобильных дорог из связных грунтов	5-8	6-8 для суглинков 8-10 для глин	
Земляное полотно	3-6	-	
Основание дорожной одежды	2-4	-	

В разных странах методики подбора составов грунтовых смесей отличаются. Основные расхождения в методиках подборов составов в основном касаются методик лабораторных испытаний и определения качественных характеристик, связанных с оптимизацией грунтовой смеси. Наиболее широкий опыт применения грунтов, укрепленных известью, имеют такие страны как Франция, Бельгия и США.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с Изменениями № 1, 2). СоюзДорНИИ, 1995.
- Осин Б.В. / Негашенная известь как новое вяжущее вещество. М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1954. 197 с.
- Gregory Paul Makusa. State of the art review soil stabilization methods and materials in engineering practice. Department of Civil, Environmental and Natural resources engineering Division of Mining and Geotechnical Engineering Luleå University of Technology Luleå, Sweden Luleå. 2012. P. 35.
- Методы стабилизации грунтов различными материалами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://theconstructor.org/geotechnical/soil-stabilization-methods-and-materials/9439/>.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Л.Ю. Селянинова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.А. Игнатьев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено описание нового конструктивного решения по усилению несущих строительных конструкций балочных автомобильных мостов с использованием композитных материалов на основе углеродных и базальтовых волокон.

Ключевые слова: Мост, усиление, композитные материалы, углепластик, несущая способность.

RECONSTRUCTION OF BRIDGES USING COMPOSITE MATERIALS TO INCREASE THE LOAD CAPACITY

L.Yu. Selyaninova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of a new constructive solution to strengthen the supporting building structures of girder automotive bridges using composite materials based on carbon and basalt fibers is discussed in the article.

Keywords: Bridge, reinforcement, composite materials, carbon fiber, bearing capacity.

В настоящее время на федеральных и территориальных дорогах России эксплуатируется более 25000 автомобильных мостов, из них более 90% составляют железобетонные мосты с типовыми пролетными строениями балочного типа с длиной пролетов до 24 м.

Существует несколько способов увеличения несущей способности реконструируемых пролетных строений мостов:

– наращивание сечения нижней растянутой арматуры;

– устройство разгружающей шпренгельной системы из стальных профилей;

– устройство усиливающей системы из композитных материалов.

При этом варианты усиления с применением стальных арматурных и профильных элементов обладают рядом недостатков:

– увеличение собственного веса конструкции, что может быть существенно для сильно ослабленного сооружения;

– существенное уменьшение подмостового габарита;

– технологические сложности с соединением существующих и вновь устанавливаемых элементов для их совместной работы, необходимость вскрытия существующих арматурных стержней для приварки к ним новых;

– необходимость в дополнительных работах по антикоррозионной обработке стальных элементов усиления и периодических ремонтах антикоррозионного покрытия.

– снижение архитектурной выразительности и эстетических свойств усиленной конструкции, кроме того, психологический дискомфорт у населения от осознания «ненадежности» сооружения.

Системы усиления на основе композитных материалов лишены подобных недостатков, т.к. обладают ничтожно малым весом по сравнению со стальными элементами, не подвержены коррозии даже в агрессивных средах, высота сечения элементов усиления из композитного материала ничтожно мала и практически не изменяет подмостовой габарит сооружения. Кроме того, после соответствующей обработки усиленной поверхности (окраска, шпаклевка и т.п.), композитные элементы усиления не заметны невооруженным глазом и никак не меняют эстетических свойств сооружения.

На территории Российской Федерации с использованием композитных материалов уже усилено несколько десятков мостов, например: мост через р. Тишковку на 93км трассы Кукушган-Чайковский в Пермском крае, мост через р. Кехта на автодороге Москва-Архангельск, мост через р. Киржач на 94км федеральной трассы М7, мост через р. Черная в г. Соликамске Пермского края и многие другие

В зависимости от типа волокон композитные материалы подразделяют на основе углеродных волокон, арамидных волокон и стекловолокон. В композиционных материалах на основе стекловолокон используются кварцевые стекла. Преимущество всех типов стекловолокон – их сравнительно невысокая стоимость. Арамидные волокна аналогичны нейлону. По сравнению со стеклянными обладают более высокой прочностью и упругостью. Они более пластичны при действии растягивающих нагрузок, но при сжатии остаются упругими до разрушения. Арамидные волокна обладают хорошей выносливостью и жесткостью, а так-

же низкими электро- и теплопроводностью. Наибольшее применение для ремонта и усиления строительных конструкций получили композитные материалы на основе углеродных волокон, обладающие высокой прочностью на растяжение и сжатие и близким к стали модулем упругости, а также стойкостью к различным агрессивным средам. Аналогичные материалы на основе арамидных волокон имеют недостаточную прочность на сжатие, а стеклопластики – относительно низкий модуль упругости. Модуль упругости композиционных материалов имеет важное значение при усилении строительных конструкций.

Рассматриваемый новый способ увеличения несущей способности балок пролетного строения путем послойного внешнего армирования композитным материалом в три этапа позволит повысить несущую способность главных балок более чем на 30%.

Новый метод рассмотрен на примере усиления моста через р. Мулянка в Пермском крае. Были определены фактические схемы расположения элементов конструкций, размеры поперечных сечений и их соединений. Выполнена проверка соответствия конструкций имеющейся проектной документации, фактической геометрической неизменяемости, выявлены отклонения, повреждения, дефекты элементов и узлов конструкций. Уточнены фактические и прогнозируемые нагрузки и воздействия на строительные конструкции. Установлены физико-механические свойства материалов конструкций.

На первом этапе выполняется приклейка одной ламели шириной 100мм из композитного материала ITECWRAP® CL1-140 к нижней грани балки и четырех ламелей шириной 100мм из композитного материала ITECWRAP® CL1-140 к боковым граням балки (рис. 1).

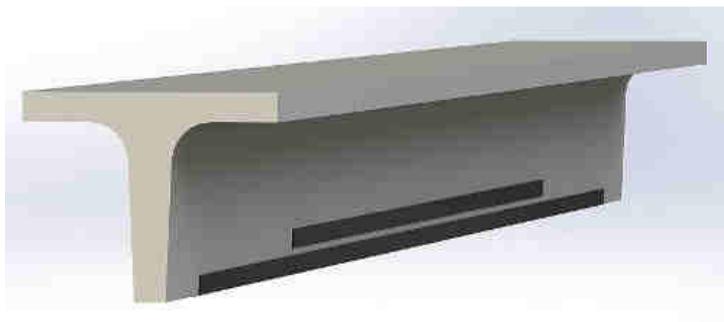


Рис. 1. Первый этап усиления. Наклейка ламелей из композитного материала ITECWRAP® CL1-140 [7]

На втором этапе выполняется приклейка полос шириной 500мм из композитного материала ITECWRAP® CF1-011 к нижней грани балок.

Полосы композитной ткани заводятся на 170мм на боковые грани сечения с обеих сторон. Композитная ткань наклеивается в два слоя (рис. 2).

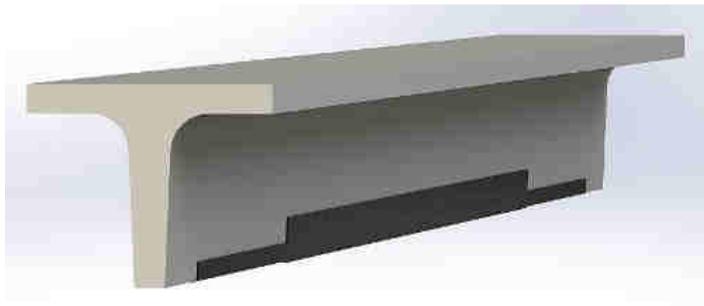


Рис. 2. Второй этап усиления. Наклейка полос ткани из композитного материала ITECWRAP® CF1-011 [7]

На третьем этапе выполняется приклейка поперечных U-образных полос шириной 250 мм из композитного материала ITECWRAP® CF1-011.

На участках длиной 3м с обоих концов балки U-образные полосы приклеиваются в два слоя с шагом 500мм, а в средней части балки U-образные полосы закрепляются с шагом 1000мм. Такие элементы усиления выполняют двоякую функцию: во-первых, увеличивают несущую способность балки по поперечной силе на приопорных участках, а, во-вторых, дополнительно закрепляют полосы композитной ткани для лучшей их работы совместно с усиливаемой конструкцией (рис. 3).

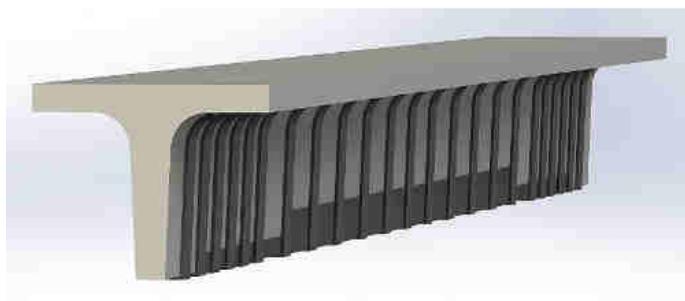


Рис. 3. Третий этап усиления. Наклейка U-образных полос из композитного материала ITECWRAP® CF1-011 [7]

Усиление плиты проезжей части предусмотрено полосами шириной 200мм из композитного материала ITECWRAP® BF1-016. Приклейка

полос усиления выполняется к нижней грани плиты с шагом 500мм в направлении поперек оси моста. Поперечные полосы усиления дополнительно закреплены продольными полосами для лучшей работы совместно с усиливаемой плитой.

Приклейка полос и ламелей композитного материала осуществляется клеем ITECRESIN® AS2-300 на основе эпоксидной смолы.

Применение композитных материалов позволяет существенно ускорить и упростить процесс реконструкции эксплуатируемых автомобильных мостов, а значит, дает возможность пропуска больших транспортных потоков и увеличения скорости их движения, что в конечном итоге неминуемо приведет к улучшению качества жизни всех жителей России.

Рассмотренный в данной работе новый способ усиления сборных железобетонных балок пролетных строений мостовых конструкций послойным армированием композитными материалами позволяет повысить их несущую способность более чем в два раза по сравнению с существующими способами усиления композитными материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смердов Д.Н.* Оценка несущей способности железобетонных пролетных строений мостов, усиленных композитными материалами: автореф. дис.... канд. техн. наук. 05.23.11. Новосибирск, 2010. 22 с.
2. Усиление железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов. Обзорная информация. Выпуск 2. М.: Информавтодор, 1987. 34 с.
3. Усиление железобетонных конструкций автомобильных мостов композитными материалами [Электронный ресурс] / Ю.Г. Хаюгин, В.Л. Чернявский, Е.З. Аксельрод, А.В. Бельков. Режим доступа: http://www.interaqua.biz/stat_8.pdf
4. Усиление железнодорожного моста в Соликамске [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://carbon66.ru/usilenie-mosta-solikamsk/>
5. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. М.: Стандартинформ, 2008. 10 с.
6. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 340 с.
7. *Кудрявцев С.В.* Оценка несущей способности железобетонных сгустителей, усиленных композитными материалами // Академический Вестник УралНИИ-Проект РААСН. 2013. № 2. С. 91-96.

УДК 679.9

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕСАЙКЛЕРОВ

Н.В. Серегина, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты испытаний, выполнено сравнение результатов испытаний, выполнен анализ прочностных характеристик.

Ключевые слова: ресайклинг, холодная регенерация.

STATISTICAL ANALYSIS OF RECYCLERS

N.V. Seregina, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article presents the results of experiments, compares results of tests performed, and analyses strength characteristics.

Keywords: recycling, cold regeneration.

Достижением в области ремонта дорожных одежд нежесткого типа является технология холодной регенерации их, позволяющая эффективно повторно использовать материалы старой дорожной одежды. Проведение восстановительных работ без разогрева старого материала наносит минимальный ущерб окружающей среде и резко снижает энергозатраты.

Технология холодной регенерации конструктивных слоев дорожной одежды (ХР) заключается в измельчении покрытия (в некоторых случаях с захватом части основания) преимущественно посредством холодного фрезерования; введении в образовавшийся асфальтобетонный гранулят (АГ) при необходимости нового скелетного материала, вяжущего и, если требуется, других добавок; перемешивании всех ком-

понентов с получением асфальтогранулобетонной смеси (АГБ-смеси); распределении ее в виде конструктивного слоя и уплотнении, после чего АГБ-смесь превращается в асфальтогранулобетон (АГБ).

АГБ-смесь не является альтернативой обычной горячей асфальтобетонной смеси и поэтому, после устройства асфальтогранулобетонного слоя, в большинстве случаев (исключение - горячий ресайклинг), осуществляется традиционное асфальтирование с укладкой замыкающего слоя асфальта и/или слоя износа.

В качестве органических вяжущих при холодном ресайклинге используют битумные эмульсии или вспененный битум. В качестве неорганического обычно применяют портландцемент. Цемент обеспечивает повышение показателей прочностных свойств органоминеральной смеси, а также улучшение показателей свойств водонасыщения и водостойкости. Наибольшее распространение на территории РФ получило использование комплексного вяжущего в виде битумных эмульсий совместно с цементом. Норма расхода цемента преимущественно составляет 3 - 5%, эмульсий - от 2% до 7% от массы смеси.

Основная задача минерального вяжущего – увеличение прочности материала. Это достигается за счет существенного увеличения прочности на растяжение и сжатие материала или снижения его пластичности. Цемент является вяжущим, который в основном увеличивает прочность. Достигнутая прочность в значительной степени определяется количеством добавленного вяжущего, но также зависит и от типа обрабатываемого материала. Но следует помнить, что добавка большего количества цемента для повышения прочности может отрицательно повлиять на характеристики слоя. Материал, обработанный минеральным вяжущим, становится относительно хрупким. С повышением прочности увеличивается его хрупкость с последующим ухудшением его гибкости. Это неизменно ведет к быстрому увеличению трещин под нагрузками со стороны колес транспортных средств. Под воздействием циклически повторяющихся нагрузок от тяжелых транспортных средств трещины быстро распространяются, в результате чего ухудшается нагрузочная пропускная способность дороги. Поэтому важно, чтобы подбор состава смеси проводился на представительных образцах для правильного определения доли вяжущего.

Стабилизация цементом повышает точность и жесткость, но способствует образованию усадочных трещин.

Органические вяжущие материалы в составе асфальтогранулобетонных смесей выполняют следующие функции:

- устранение излишней жесткости состарившегося плёночного битума, окружающего гранулы асфальтовой крошки;
- обволакивание поверхности зерен минерального материала обнажившейся в процессе фрезерования;
- снижение водонасыщения асфальтогранулобетонной смеси;
- снижение межгранулярного трения с целью лучшего уплотнения смеси.

Битумные вяжущие. Хотя существует множество форм, только две из них нашли применение в качестве вяжущих битумная эмульсия и вспененный битум. Оба эти вяжущие приготавливаются из относительно дешевых дорожных битумов и могут использоваться для укрепления самых различных материалов для дорожных одежд. Обработка материалов разжиженным битумом не является стабилизацией, так как он диспергирует непрерывно, как в асфальтобетоне.

Материалы, стабилизированные битумом, не испытывают усадочных трещин, как это имеет место при стабилизации цементом. Слои из материала, стабилизированного битумными вяжущими, относительно гибки по сравнению со слоями того же материала, но стабилизированного цементом. По дороге с покрытием из такого материала движение можно открывать сразу по окончании строительства, чтобы существенно повысить внутренние связи в материале, что реализуется при его уплотнении, такие связи снижают склонность материала к растрескиванию под воздействием транспорта. Стабилизация битумом повышает прочность материала и уменьшает вредное воздействие на него воды.

Вода – обязательный компонент большинства типов асфальтогранулобетонных смесей (кроме смесей на основе разжиженного битума).

Поиск оптимального состава асфальтогранулобетонной смеси заключается в определении рационального соотношения между составляющими его материалами.

Изготовление образцов и подготовка их к испытанию

Образцы цилиндрической формы для определения физико-механических свойств смесей изготавливают путем уплотнения смесей, приготовленных в лабораторных условиях

Уплотнение образцов из смесей производят прессованием под давлением $(40,0 \pm 0,5)$ МПа на гидравлических прессах в формах. При уплотнении должно быть обеспечено двустороннее приложение нагрузки, что достигается передачей давления на уплотняемую смесь через два вкладыша, свободно передвигающихся в форме навстречу друг другу.

Верхнюю плиту пресса доводят до соприкосновения с верхним вкладышем и включают электродвигатель пресса. Давление на уплот-

няемую смесь доводят до 40 МПа в течение 5-10 с, через (3,0±0,1) мин нагрузку снимают, а образец извлекают из формы выжимным приспособлением и измеряют его параметры штангенциркулем с погрешностью 0,1 мм.

Высота образца диаметром 50,5 мм должна составлять $50,5 \pm 1,0$ мм.

Ориентировочное количество смеси на образец - 240 г.

Таблица 1. Прочность смеси при разном составе

Состав	Прочность, МПа	Средняя прочность, МПа	Период набора прочности
АГ	6,6	6,6	2 суток
	6,3		
	6,9		
АГ +битум 2%	5,6	4,9	
	4,9		
	4,3		
АГ +битум 2% +цемент 5%	3,2	3,9	
	4,9		
	2,8		
АГ+цемент5%	7,1	7	1 неделя
	7,5		
	6,4		
	7,4	7,8	2 недели
	9		
	7,2		

Таблица 2. Прочность смеси при водонасыщении (15 суток)

Состав	Прочность, МПа	Средняя прочность, МПа	К-т водонасыщения, %	Ср. к-т, %
АГ	2,7	3,0	6,53	6,2
	2,8		5,99	
	3,6		6,09	
АГ+Цемент(5%)	6,3	4,4	4,84	4,38
	5,9		4,32	
	5,4		3,99	
АГ+Битум(2%) +Цемент(5%)	7,0	5,8	3,99	3,94
	5,4		3,86	
	5,1		3,97	
АГ+Битум(2%)	2,9	3,1	5,89	6,28
	3,5		6,13	
	3,0		6,85	
АГ+Битум(2%) +Цемент(2%)	7,1	6,4	4,48	4,25
	6,1		3,67	
	6,0		4,61	
	6,6	6,9	Без водонасыщения	
	6,6			
	7,5			
АГ+Битум(2%) +Цемент(8%)	5,4	4,8	1,90	2,18
	3,9		1,67	
	5,0		2,98	
	6	6,9	Без водонасыщения	
	8,5			
	6,2			

При анализе табл. 1 прочность образца выше при включении в состав минерального вяжущего – цемента, причем при условии периода набора прочности. Одного включения битума в асфальтобетонный гранулят недостаточно для увеличения прочностных характеристик.

При сравнении процентного включения цемента в состав асфальтогранулобетонной смеси, наиболее прочным образцом является с 2% содержанием цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филатов С.Ф.* Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга: Учебное пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. 72 с.
2. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
3. wirtgen group официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wirtgen-group.com/en/>

УДК 625.86

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО СОСТАВА ПО МЕТОДОЛОГИИ «SUPERPAVE»

М.В. Степанова, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод проектирования состава асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий по технологии «Superpave».

Ключевые слова: суперпейв, асфальтобетонная смесь, ПНСТ.

METHOD OF DESIGNING A SURFACE COMPOSITION BY SUPERPAVE METHODOLOGY

M.V. Stepanova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores a method of designing the composition of asphalt concrete mixtures for road pavements using the Superpave technology.

Keywords: superpave, asphalt concrete mixture, PNST.

После принятия технического регламента Таможенного союза

1 сентября 2016 года стало необходимо усовершенствовать нормы проектирования автомобильных дорог. Были разработаны новые предварительные национальные стандарты на асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон. ПНСТ соответствует требованиям ГОСТ, входящих в перечень стандартов, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог». Для проектирования асфальтобетонных дорожных смесей разработаны ПНСТ 114-2016 «Технические требования для метода объемного проектирования по ме-

тодологии Superpave» и ПНСТ 115-2016 «Метод проектирования объемного состава по методологии «Superpave».

Аббревиатура «Суперпейв» (Superpave) обозначает Superior Performance Pavements, т.е. метод проектирования составов асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками. Основные элементы рассматриваемого метода были разработаны в период с 1987 по 1993 года в рамках стратегической программы дорожных исследований (SHRP) с привлечением Института асфальта и лучших университетов США.

Основная задача данного метода – разработка состава асфальтобетона с учетом процессов его нелинейного деформирования и разрушения. При этом особое внимание уделяется климатическим условиям эксплуатации автомобильной дороги и интенсивности движения в перспективе.

В результате применения технологии Суперпейв становится возможным получить покрытие устойчивое к образованию колеи, низкотемпературной сетки трещин и усталостному разрушению. Это достигается применением специальных способов проектирования состава асфальтобетона и методов испытаний исходных компонентов. Уже более 20 лет система Суперпейв успешно применяется во многих странах Европы и практически по всей территории США. Сейчас данная технология начинает использоваться и в России.

В систему «Superpave» вошли 3 взаимосвязанные компонента, последовательно обновив нормативную базу AASHTO и ASTM:

- SHARP - технические условия и методы испытаний битума;
- Superpave - технические условия и метод проектирования составов асфальтобетонных смесей с определением поровых характеристик уплотненных образцов асфальтобетона;
- методы испытаний и система анализа реологических свойств асфальтобетона с использованием математических моделей работоспособности и компьютерного программного обеспечения [1].

Сильно изменились не только методы испытаний, но и подход к нормированию показателей качества битумных вяжущих для асфальтобетонных смесей, проектируемых по рекомендациям «Superpave». Марка битумного вяжущего определяется интервалом работоспособности (PG Grade) между двумя температурами испытания, соответствующими минимальной и максимальной расчетным температурам асфальтобетонного покрытия в регионе строительства.

В отличие от традиционной классификации битумного вяжущего по маркам, шкала PG позволяет подбирать вяжущее под конкретные условия эксплуатации гораздо точнее. Такая точность увеличивает срок службы дороги. Метод Суперпейв основывается на определении фундаментальных параметров битумного вяжущего, но не учитывает его про-

исхождение (битум, модифицированный битум, ПБВ). Большинство характеристик, которые нормируются в настоящее время в ГОСТ 22245-90 и ГОСТ52056-2003, являются эмпирическими, поэтому битумы, испытанные в соответствии с ними, могут быть успешно использованы только в определенных климатических условиях. Например, глубина проникания иглы; температура размягчения по методу «кольцо и шар», температура хрупкости по Фраасу. К таким характеристикам относятся модуль сдвига, функция релаксации, плотность (масса единицы объема), «абсолютная» (динамическая) вязкость при нулевой скорости деформации и другие. Все эти важные параметры оцениваются при исследованиях по методу Суперпейв. Этот подход позволяет максимально продлить срок службы дорог и снизить использование лишних материалов [2].

Большинство характеристик щебня, определяемых по методу Суперпейв, такие же, как в ГОСТ 8269.0-97 и ГОСТ 32703-2014. Это износостойкость, морозостойкость, содержание дробленых зерен, содержание пылеватых и глинистых частиц, содержание лещадных и игловатых зерен. Однако при испытаниях по методу Суперпейв, необходимо обратить внимание на использование более узких фракций гранулометрического состава каменного материала и применение сит с квадратными ячейками. Это позволяет достигнуть более плотной упаковки минеральных материалов в составе асфальтобетонной смеси. И, как следствие, получить материал с максимальной плотностью и каркасностью, то есть который сможет одинаково эффективно сопротивляться пластическим деформациям и усталостным разрушениям.

Указанные изменения повлекли за собой увеличение работы уплотняющей техники, необходимой для обеспечения требуемой плотности асфальтобетонных покрытий. К тому же для дорог с интенсивным автомобильным движением требования к степени уплотнения асфальтобетонных покрытий также повысились. Поэтому в большинстве штатов Америки при применении смесей типа «Suregrave», как правило, предписывается применять за одним асфальтоукладчиком три-четыре катка и использовать пневмоколесный каток для промежуточного уплотнения.

Американские стандарты допускают применять в верхних слоях дорожных покрытий асфальтобетонные смеси практически без минерального порошка. Примечательно, что максимальное допустимое содержание частиц мельче 75 мкм в асфальтобетонных смесях обычно не превышает 5-10 %, что ниже требований к содержанию минерального порошка в аналогичных смесях по европейским стандартам, при этом, чем выше марка смеси по крупности, тем меньше должно быть в ней каменной мелочи [3].

В соответствии с международным опытом проектирования оптимальных составов асфальтобетонных смесей большое значение имеют

климатические условия, как при строительстве, так и при эксплуатации асфальтобетонных покрытий, а также применяемые каменные материалы и битумы, транспортные нагрузки, основания дорожных одежд и другие факторы отличия.

Это естественным образом влияет и на выбор оптимальной технологии приготовления, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси. Исторически сложилось так, что направления развития американских и европейских технологий асфальтобетона отличаются друг от друга.

Для приготовления асфальтобетонных смесей в США применяют в основном смесители непрерывного действия, тогда как в Европе наибольшее развитие получили асфальтобетонные смесители периодического действия.

Асфальтобетонное покрытие, спроектированное по методу Суперпейв может служить до 10-12 лет и выдерживать нагрузку до 8-12 т на ось, в отличие от дорожного полотна, спроектированного по ГОСТ, которое служит 5-7 лет и рассчитано на нагрузку до 4-6 т на ось. Данная технология позволяет увеличивать срок службы дорожного покрытия на 30-50% , что способствует увеличению его межремонтных сроков.

Метод Supergravel позволяет улучшить качество покрытия автомобильных дорог, но для полного перехода на этот способ проектирование необходимо разрабатывать нормативно-техническую базу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Росавтодор» - Горячие асфальтовые смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог в северной Америке. Передовой зарубежный опыт / Национальный центр по асфальтовой технологии (NAPA), издание № 3. 2009. С. 411.
2. Проектирование состава асфальтобетонных смесей в США по методу «СУПЕРПЕЙВ» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/473941357>.
3. *Кирюхин Г.Н.* Плюсы и минусы системы проектирования асфальтобетона «СУПЕРПЕЙВ» / Г.Н. Кирюхин, Р.Б. Джуманов. 2017. С. 20.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРЕШЕТОК В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

В.В. Четверикова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.А. Игнатьев**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрен механизм взаимодействия георешетки с конструктивными
слоями дорожной одежды.*

Ключевые слова: армирование дорожной одежды, георешетка

APPLICATION OF GEOWEBS IN ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION

V.V. Chetverikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article explores the mechanism of interaction between the geoweb and
structural layers of the road pavement.*

Keywords: reinforcement of road pavement, geoweb.

Основная цель применения геосинтетических материалов - обеспечение надёжного и долговечного функционирования автомобильной дороги или отдельных её элементов в сложных условиях строительства и эксплуатации. Устройство дополнительных слоёв из геосинтетических материалов позволяет повысить эксплуатационную надёжность и сроки службы дорожной конструкции или отдельных её элементов, качество работ, упростить технологию и сократить сроки строительства, уменьшить расход традиционных дорожно-строительных материалов, объёмы земляных работ, материалоемкость дорожной конструкции. [1]

Геосинтетических материалы представляют собой класс строительных материалов, различающихся по структуре, технологии производства, показателям свойств, составу сырья, форме ячеек, форме поперечного сечения. [1]

Рынок геосинтетических материалов представлен большим количеством производителей, выпускающих различные по назначению материалы, но в настоящее время нет достаточного количества опытных данных, подтверждающих эффективность и целесообразность применения общеизвестных разновидностей георешеток. А также малоизучен механизм взаимодействия георешетки с конструктивными слоями.

Для исследования взаимодействия армирующих прослоек с конструктивными слоями дорожной одежды, в рамках данной статьи, был выполнен эксперимент.

В рамках эксперимента были рассмотрены армирующие функции плоской георешетки и объемной георешетки (RU 2 652 411).

В первом случае в качестве армирующей прослойки используется плоская георешетка (рис. 1).



Рис. 1. Плоская георешетка

На грунтовое основание укладывается подстилающий слой из песка, слой основания из щебня. На слой щебня уложена армирующая георешетка. На георешетку укладывается слой асфальтобетона.

Из-за плоской структуры георешетка не проникает в армируемый слой асфальтобетона и заклини не происходит. Асфальтобетон удерживается от смещения в основном за счет сцепления со слоем щебня.

На рисунке видно, что «слабым местом» плоской георешетки являются места соединения продольных и поперечных волокон, которые неизбежно разрушаются при уплотнении асфальтобетона.

Во втором случае в качестве армирующей прослойки используется объемная георешетка (RU 2 652 411) (рис. 2). Отличительной особенностью данной георешетки являются шестиугольная форма ячеек и треугольная форма поперечного сечения ребра.



Рис. 2. Объемная георешетка

На грунтовое основание укладывается подстилающий слой из песка, слой основания из щебня. На слой щебня уложена армирующая объемная георешетка. На георешетку укладывается слой асфальтобетона.

Благодаря «острой» форме поперечного сечения, георешетка проникает в слой асфальтобетона.

Треугольное поперечное сечение ребер снижает их повреждаемость, способствует наилучшему распределению частиц заполнителя. Ребра с треугольным поперечным сечением менее изгибаемы в сравнении с прямоугольными или плоскими ребрами. Кроме того, в зоне возникновения максимального растягивающего напряжения в решетке ребро имеет наибольшую толщину [2].

Соединение трех ребер в узле образует треугольную пирамиду, которая предохраняет узел решетки от расщепления частицами минерального заполнителя. Частицы, попадая в узел острым углом, соскальзывают по наклонным граням внутрь ячейки [2].

На основании визуальных результатов эксперимента можно сделать вывод о том, что понимание принципов работы геосинтетических материалов и процессов происходящих в массиве армируемой конструкции, позволит наиболее точно оценивать необходимость повышения прочностных характеристик слоев дорожной одежды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.5.003-2010 "Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог".
2. Пат. 2652411 Российская Федерация, E01C 5/20. Георешетка для армирования дорожной одежды [Текст] / А.А. Игнатьев, К.А. Курочкина, Е.А. Ронжин; заявитель и патентообладатель Ярославский государственный технический университет. Оpubл. 27.04.2018, Бюл. № 12.

ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГОРОДСКИХ ДОРОГ

В.А. Буслаев, А.В. Симонова

Научный руководитель – **А.В. Симонова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются особенности зимнего содержания городских дорог, включающие недостатки существующих способов и методов уборки снега, борьбу с наледями, использование спецтехники и реагентов.

Ключевые слова: зимнее содержание городских дорог, снегоуборочные машины, снегоочистительные машины, зимние реагенты.

FEATURES OF THE WINTER CONTENT OF CITY ROADS

V.A. Buslaev, A.V. Simonova

Scientific Supervisor – **A.V. Simonova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses features of maintaining urban roads during winter, including the disadvantages of the existing methods and methods of snow removal, the fight against overflow ice, the usage of special equipment and reagents.

Keywords: winter maintenance of city roads, snow-fighting vehicle, snow-removing vehicles, winter reagents.

Зимнее содержание городских дорог подразумевает под собой операции по устранению зимней скользкости, борьбу с наледями и снежными заносами, а также чистку дорог от снега.

Важным фактором работ по зимнему содержанию является обеспечение бесперебойного движения автомобилей и пешеходов. Однако важно понимать, что ещё зимнее содержание должно быть эффективным, простым и экономически оправданным.

Снег и лёд негативно влияют на дорогу как на инженерное сооружение, а также создают опасность и дискомфорт для участников дорожного движения. С увеличением снежных наносов уменьшается требуемая ширина проезжей части и тротуаров, лёд значительно уменьшает коэф-

фициент сцепления с дорогой, сквозные переносы снега ухудшают видимость.

Городские дороги подвергаются меньшему воздействию переносов снежных масс благодаря наличию плотной застройки, однако исключить полное попадание снега на дорогу возможно только в тоннелях. От метелей и снегопадов страдают также дорожные знаки и светофоры. Необходимо держать их в чистоте для предотвращения опасных ситуаций на дороге.

Ещё одним элементом, который не всегда удаётся очистить от снега, является дорожная разметка.

Эффективно борются с появлением наледей и гололедицы различные реагенты. Это может быть песок, мелкий щебень, песчано-гравийная смесь, соль, химические реагенты и смеси с ними и другое.

Стоит признать, что многие виды реагентов устарели и не могут, в частности, вписаться в эстетику города. Эффективная и экономичная смесь песка с солью выполняет свою функцию, но одновременно наносит вред: дороги и тротуары превращаются в «кашу», обувь пешеходов и детали автомобилей приходят в негодность, забиваются водостоки. При своей экологичности, эффективности и дешевизне смесь песка и соли используют практически все и всегда, однако последствия от его использования вынуждают тратить гораздо большие средства, нежели при использовании химических реагентов.

Некоторые химические реагенты отлично выполняют функцию по топке льда и снега, не портят вид города, но оказывают отравляющее действие на окружающую среду. При этом цена таких реагентов иногда может являться единственным недостатком.

Современные реагенты («Антиснег», «Нордекс», «ХКФ», «ХКМ», «Бионорд» и др.) не являются панацеей. От некоторых из них отказываются из-за специфического запаха, выделяемого при попадании на чистый асфальт, другие при температурах выше нуля превращаются в «масло» и увеличивают тормозной путь автомобиля.

Современные реагенты имеют ограниченный срок действия, а это значит, что по прошествии нескольких часов требуется повторное нанесение. Это увеличивает расходы на зимнее содержание дороги. Несмотря на имеющиеся недостатки, современные реагенты в разы превосходят эффективность использования солей и песчаных смесей. На рынке присутствуют экологичные и эффективные продукты.

Следует отметить, что реагенты продуктивнее использовать в южных и центральных районах РФ. Высокие температуры и обильный снегопад повышают расход материала, что опять же повышает стоимость зимнего обслуживания дорог.

В зарубежных странах, схожих по климату с Россией, использует технология посыпки каменной крошкой, но и она имеет свой недостаток – покрытие должно быть очищено от снега, что не всегда удаётся сделать вовремя, а значит, возможна остановка обслуживания, влекущая за собой ухудшение ситуации на дороге.

На сегодняшний день самым эффективным средством против негативного воздействия особенностей зимнего периода на дорогу являются снегоуборочные машины. Правда, и здесь нет идеальной техники для решения проблемы зимнего содержания. Оборудование не дешёвое, требует качественного обслуживания. Один из существенных недостатков – это «сезонность» машин. Перспективным считается направление по разработке навесного оборудования. Гораздо проще иметь в пользовании самосвал круглый год и лишь зимой устанавливать на него отвал или щётку. Безусловно, установка различного оборудования возможна на тракторы, но эффективно, экономически оправданно, а главное, удобно будет иметь в парке обслуживания и универсальные автомобили, не только тракторы.

Такая техника, как снегопогрузчики и снеготаялки считается невозможной к изменению для круглогодичного использования.

Собранный с дороги снег нуждается в уничтожении или хранении. Часто снег не вывозят, а, если возможно, просто сгребают на крайние полосы или обочины. Это решение неправильное и неэффективное. В весенний период снег будет играть роль теплоизолирующего материала, закрывая основание дороги от отвода влаги. О последствиях такого решения в народе говорят, что «асфальт сошёл со снегом».

Хранение снега является экономически более удачным, чем его плавление. Уплотнение снежных масс позволяет уменьшить площадь складирования, что делает процедуру хранения ещё выгоднее.

Тротуары, как и проезжая часть, нуждаются в своевременной очистке от снега и наледей, однако там не всегда может поместиться большая снегоочистительная техника. Снегоуборщики малой механизации справляются с этой проблемой, но требуют увеличения штата работников.

Перспективной считается разработка снегоочистительной техники малых габаритов. Но машины будут являться узкоспециализированными, что увеличит их стоимость и сделает их «сезонными». Решение этой проблемы кроется в разработке навесного снегоочистительного оборудования на машины малых габаритов.

Таким образом, зимнее содержание дорог – это сложный комплекс работ, который в наше время имеет низкую эффективность. Требуются новые исследования в сфере химии, машиностроения и экономики для улучшения эффективности зимнего содержания наших городов. Грамот-

ное вложение средств в разработку новых идей поможет в будущем уменьшить стоимость зимнего обслуживания, увеличив его эффективность. И однажды проблема по уборке городских дорог от снега и льда станет несущественной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования. РОСДОРНИИ МАДИ, М.: Информавтодор, 2004.
2. *Мосин О.В.* О пользе и вреде антигололёдных средств [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/krie/noice/>.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПО МЕТОДОЛОГИИ MARSHALL И SUPERPAVE

В.В. Снопок, А.В. Симонова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – **А.В. Симонова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются два метода проектирования асфальтобетонных смесей. Проводится сравнение методов подбора исходных материалов, способов их оценки и методов испытаний. На основании полученных данных делается вывод о применимости или взаимозаменяемости методов для определенных условий.

Ключевые слова: метод Marshall, система Superpave, методы уплотнения асфальтобетонной смеси, старение битума, зерновой состав, районирование.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DESIGNING ASPHALT CONCRETE MIXTURES ACCORDING TO THE METHODOLOGY OF MARSHALL AND SUPERPAVE

V.V. Snopok, A.V. Simonova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.V. Simonova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article explores two methods of designing asphalt concrete mixtures. Comparison of methods of selection of initial materials, methods of their estimation and methods of tests is carried out. The conclusion is provided, based on the extracted data, about the usage or interchangeability of the methods for certain conditions.

Keywords: Marshall method, Superpave system, methods of compacting asphalt paving mixtures, ageing of bitumen, grain structure, zoning.

Асфальтобетон является наиболее распространенным материалом для устройства дорожных покрытий. Основной целью проектирования составов асфальтобетона является создание оптимальной структуры с заданными свойствами, которые позволили бы обеспечить требуемые характеристики и долговечность устраиваемого дорожного покрытия.

Для достижения этой цели принято решать специальные задачи, связанные с испытаниями асфальтобетона и прогнозированием работоспособности асфальтобетонных слоев в дорожных конструкциях. Разработка технических требований к дорожно-строительным материалам является не только материаловедческой, но и экономической задачей [1].

В данной работе проведен сравнительный анализ двух технологий проектирования асфальтобетонных смесей по методологии Supergrave и Marshall, которые имеют многолетний положительный опыт применения в зарубежных странах.

Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 827 был утвержден технический регламент 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог». Цель регламента – создание единых требований по безопасности автомобильных дорог и международных транспортных коридоров в рамках единого экономического пространства стран ЕАЭС.

В связи с вступлением в силу новых межгосударственных стандартов, включенных в перечень стандартов, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог», а также предварительных национальных стандартов, разработанных в рамках внедрения системы Supergrave, возникает необходимость переработки действующих нормативных документов, регламентирующих технические требования и методы испытаний асфальтобетонных смесей и асфальтобетона [2].

Метод проектирования Supergrave состоит из трех основных этапов:

- Требования к мелкозернистому и крупнозернистому заполнителю. Зерновой состав определяется по трем параметрам. Во-первых, ограничения на зерновой состав определяются с использованием технических требований к гранулометрии. Во-вторых, существуют требования к физическим свойствам: угловатость заполнителя, содержание плоских и удлиненных частиц и содержания глинистых включений. В-третьих, определяются критерии зернового состава, такие как долговечность и надежность.

- Выбор асфальтового вяжущего. Supergrave PG асфальтовые вяжущие выбираются на основе ожидаемых экстремальных температур дорожного покрытия в зоне их предполагаемого использования. Эти крайние значения могут быть рассчитаны с использованием программного обеспечения или подобраны, исходя из местных климатических условий.

- Оптимальное определение содержания асфальтового вяжущего: - подготавливают несколько исходных образцов, обычно: два при предлагаемом проектном содержании вяжущего, два при 0,5% ниже проектного содержания вяжущего и два при 0,5% выше проектного содержания;

- уплотняют эти пробные смеси в Supergrave гираторным уплотнителем; - определяют плотность и объемные свойства образцов; - выбирают оптимальное содержание асфальтового [4].

Метод Marshall популярен благодаря простоте, экономичному, портативному оборудованию и проверенным результатам. Метод Marshall состоит из трех основных этапов:

- Подбор минерального состава: определяются физико-механические свойства каменных материалов; для каждой смеси проверяются требования к объемным свойствам заполнителя.

- Выбор асфальтового вяжущего.

- Оптимальное определение содержания асфальтового вяжущего:

- подготавливают серию исходных образцов с различным содержанием асфальтового связующего; - уплотняют пробные смеси с помощью молота Маршалла; - проверяют образцы в установке Маршалла на стабильность и текучесть; - определяют плотность и другие объемные свойства образцов; - выбирают оптимальное содержание асфальтового вяжущего.

Анализ различных экспериментальных методов проектирования составов асфальтобетона указывает на схожесть в подходах при назначении рецептуры и на различие как в методах уплотнения и испытания образцов, так и в критериях оцениваемых свойств [1].

Главными показателями качества битума в методе Marshall являются: глубина проникания иглы при температуре 25 °С; температура размягчения по методу «Кольца и Шара»; устойчивость против старения; изменение температуры размягчения и массы после прогрева при 163 °С.

Система маркировки дорожных битумов базируется на пенетрации. Это плохо отражает многообразие механического поведения битумов и не учитывают его зависимость от временного фактора – скорости деформирования, уровня напряженного состояния в диапазоне от низких отрицательных до высоких технологических температур.

В системе Supergrave в качестве показателей оценки применимости вяжущего для каждой из климатических зон используют: истинную вязкость; показатель сдвига до и после старения в тонком слое или под давлением; модуль жесткости при ползучести; критическую деформацию разрушения; коэффициент пластичности.

Главным достоинством системы Supergrave является то, что она ориентируется на принципиально новые реологические критерии предсказания трещино-, сдвигоустойчивости и устойчивости к старению битумных вяжущих. Недостаток состоит в том, что система Supergrave требует наличия дорогого лабораторного оборудования и высококвалифицированного технического персонала.

Подбор зернового состава в методе Marshall: - определяются физическо-механические свойства каменных материалов; - проверяются требования к объемным свойствам заполнителя; - сита имеют размеры квадратных ячеек: 45,0; 31,5; 22,4; 16,0; 11,2; 8,0; 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 мм; - износостойкость щебня определяют в барабане Лос-Анджелеса, а сопротивление износу – в барабане Деваля.

Выбор зернового состава в методе Superpave: - ограничения на зерновой состав определяются с использованием технических требований к гранулометрическому составу и требований к физическим свойствам: угловатость заполнителя, содержание плоских, удлинённых частиц и глинистых включений; - определяются критерии зернового состава: долговечность и надежность; сита имеют ячейки размером: 50,0; 37,5; 25,0; 19,0; 12,5; 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3; 0,15; 0,075 мм.

Определение оптимального содержания вяжущего в методе Marshall и Superpave аналогичны. При уплотнении образцов в методе Marshall в лабораторных условиях используется молот Маршалла. Образцы проверяют в установке Маршалла на стабильность и текучесть. Пробные смеси в Superpave уплотняют гираторным уплотнителем.

Сравнительный анализ показал, что обе технологии проектирования асфальтобетонных смесей по методологии Superpave и Marshall имеют свои преимущества и недостатки. Для того чтобы сделать окончательный выбор метода проектирования асфальтобетонной смеси, подходящий для дорожно-строительной отрасли Ярославской области, необходимо проводить дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний. Обзорная информация. Выпуск 6. Автомобильные дороги и мосты [Электронный ресурс] / Бесплатная база ГОСТ. Режим доступа: <https://docplan.ru/Index1/47/47961.htm>
2. ПНСТ 184-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия.
3. *Жданов К.А.* Новые принципы проектирования составов горячих асфальтобетонных смесей на принципах методологии Superpave [Электронный ресурс] / RuKamen.ru. Режим доступа: <http://www.rukamen.ru/index.php/2010-05-07-14-05-58/2010-02-26-19-04-56/4684/989--superpave>
4. Pavement interactive [Электронный ресурс] / Superpave Method. Режим доступа: <https://www.pavementinteractive.org/reference-desk/design/mix-design/superpave-method/>
5. Pavement interactive [Электронный ресурс] / Marshall Method. Режим доступа: <https://www.pavementinteractive.org/reference-desk/design/mix-design/marshall-method/>

**СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИТУМОЕМКОСТИ
НЕАКТИВИРОВАННОГО ИЗВЕСТНЯКОВОГО
МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА, ОТХОДОВ
ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ СМЕСЕЙ**

А.А. Молотков, А.А. Игнатъев

Научный руководитель – **А.А. Игнатъев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Определены показатели битумоемкости неактивированного известнякового минерального порошка, отходов гальванического производства и их смесей с целью определения нюансов и ограничений, которые необходимо учитывать при изготовлении асфальтобетонной с применением гальваношламов в качестве структурирующей добавки.

***Ключевые слова:** гальваношлам, минеральный порошок, битумоемкость.*

**COMPARISON OF THE INDICATORS OF THE BITUMEN
POTENTIAL OF NONACTIVATED LIMESTONE MINERAL
POWDER, WASTE OF GALVANIC PRODUCTION
AND THEIR MIXTURES**

A.A. Molotkov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Indicators of bitumen content of nonactivated limestone rock dust, electroplating production wastes and their mixtures were determined in order to determine the nuances and limitations that must be considered when making asphalt concrete using galvanic sludge as a structuring additive.

***Keywords:** galvanic sludge, rock dust, bitumen content.*

Наиболее распространенные виды разрушений асфальтобетонных покрытий происходят вследствие недостаточной адгезионной прочности на границе раздела фаз между битумом и минеральной поверхностью.

Поэтому актуальной является задача поиска способов улучшения адгезионных свойств дорожных битумов к минеральным материалам.

Проблемы техногенного загрязнения окружающей среды с каждым годом все больше обостряются и начинают приобретать глобальный масштаб. Главной задачей по-прежнему остается разработка процессов утилизации промышленных отходов, снижающих антропогенное воздействие на биосферу. Гальваношламы, представляющие собой суспензию или пасту гидроксидов различных тяжелых металлов, образуются при очистке сточных вод гальванических производств, являются промышленными отходами II–III классов опасности.

Как показывают результаты экспериментов [3, 4], введение гальваношламов в состав традиционной асфальтобетонной смеси дает положительный результат, однако при этом не учитывались показатели битумоемкости материалов. Модельные образцы с гальваношламом изготавливались без изменения содержания битума в смеси, что неоспоримо отразилось на достоверности результатов эксперимента.

Для определения нюансов и ограничений, которые необходимо учитывать при изготовлении асфальтобетонной смеси с применением гальваношламов в качестве структурирующей добавки были определены показатели битумоемкости неактивированного известнякового минерального порошка, отходов гальванического производства и их смесей.

По полученным данным были построены график зависимости битумоемкости смесей от соотношения компонентов и аппроксимирующий график функции $y = 54,7388 + 0,7236x$ (рис. 3). Коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,9944$.

Ввиду своей тонкодисперсности (рис. 2) отходы гальванического производства обладают большим показателем битумоемкости по сравнению с известняковыми минеральными порошками (рис. 1).

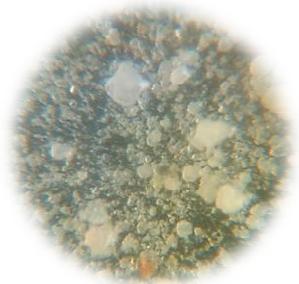


Рис. 1. Макроструктура минерального порошка

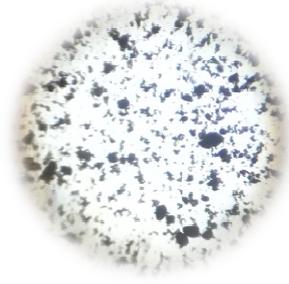
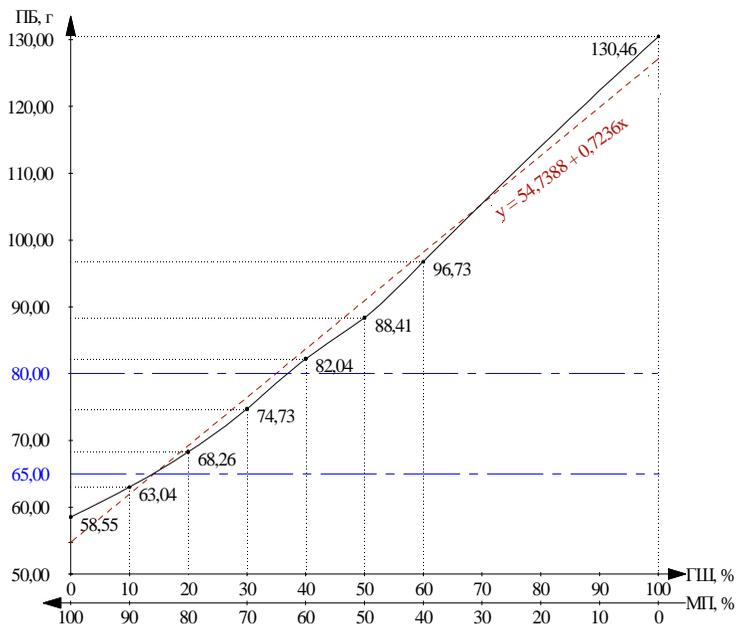


Рис. 2. Макроструктура гальваношлама



Условные обозначения:

- График зависимости показателя битумоёмкости смесей от соотношения компонентов
- Предельные значения показателя битумоёмкости для МП-2 (65 г) и МП-3 (80 г) в соответствии с ГОСТ 32761-2014

Рис. 3. График зависимости показателя битумоёмкости смесей от соотношения компонентов

Таблица 1. Результаты определения предела прочности на сжатие образцов асфальтового вяжущего

Б/МП, (ГШ) %	$R_{сж}^{ср}$ МПа (тс)
18/82 (по результатам определения ПБ)	1,9 (0,38)
16/84	Несвязный материал, не является асфальтовым вяжущим.
28/(72) (по результатам определения ПБ)	Избыток битума, образец не формуется
24/(76)	3,9 (0,78)
22/(78)	Несвязный материал, не является асфальтовым вяжущим.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что для отходов гальванических производств метод определения битумоемкости по ГОСТ 32766-2014 не дает точных сведений о процентном соотношении компонентов асфальтового вяжущего. Следовательно, необходимо ввести поправочный коэффициент. Таким образом, показатель битумоемкости для гальваношламов с учетом поправочного коэффициента при изученных условиях будет равен:

$$ПБ = \frac{30 \cdot \rho}{m_{тр} \cdot K} \cdot 100 = \frac{30 \cdot 3,281}{75,46 \cdot 1,255} \cdot 100 = 103,94 \text{ г},$$

где 30 – масса индустриального масла марки И-40А, г;

$m_{тр}$ – масса порошка, необходимая для достижения необходимой консистенции смеси с маслом, г;

K – эмпирический поправочный коэффициент.

ρ – истинная плотность порошка, г/см³;

100 – объем порошка, см³.

При изготовлении асфальтобетонной смеси с применением гальваношламов в качестве структурирующей добавки необходимо учитывать следующие особенности:

1) Ввиду своей тонкодисперсности, отходы гальванического производства обладают большим показателем битумоемкости по сравнению с известняковыми минеральными порошками, что влечет за собой повышенный расход битума;

2) Для достижения максимально положительного эффекта, от применения гальваношлама, требуется корректировка стандартных расчетных формул.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32766-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Метод определения показателя битумоемкости.
2. ГОСТ 32761-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования.
3. Переработанный гальваношлам как промотор адгезии битума к материалам в асфальтобетоне / Н.А. Соколова, В.М. Макаров, В.Б. Доброхотов, О.В. Доброхотова. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013.
4. Исследование возможности получения асфальтобетона с использованием отходов машиностроительных производств / К.С. Лисова, В.М. Макаров, М.А. Абрамов, О.П. Филиппова, В.Б. Доброхотов. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015.

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ В СОСТАВЕ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С.В. Отрубина, М.А. Фоменко

Научный руководитель – **М.А. Фоменко**, канд. геогр. наук,
доцент, член-корреспондент РАЕН

Ярославский государственный технический университет
Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр»

Рассматриваются теоретические основы и возможность включения оценки экосистемных услуг в механизм оценки воздействия на окружающую среду, а также практические результаты работ в данном направлении. Обоснована необходимость расширения сферы оценки воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду путем анализа подверженных воздействию экосистем и оценки предоставляемых ими экосистемных услуг.

Ключевые слова: экосистемы, экосистемные услуги, оценка воздействия, природный капитал, экосистемный подход.

ECOSYSTEM SERVICES CONSTITUTE TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

S.V. Otrubina, M.A. Fomenko

Scientific Supervisor – **M.A. Fomenko**, Candidate of Geographical
Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of RANS

Yaroslavl State Technical University
Research and Designing Institute «Cadaster»

The paper discusses theoretical basis and the possibility of including the assessment of ecosystem services in the mechanism of environmental impact assessment, as well as practical results of work in this direction. It is proved that it is necessary to expand the scope of assessing the impact of planned economic and other activities on the environment by analyzing the affected ecosystems and evaluating the ecosystem services they provide.

Keywords: ecosystems, ecosystem services, impact assessment, natural capital, ecosystem approach.

Практика применения в настоящее время в Российской Федерации механизма оценки воздействия на окружающую природную среду хозяй-

ственных объектов и иных объектов экономики не учитывает воздействий, оказываемых на экосистемы и предоставляемые ими экосистемные услуги. Применение в ходе ОВОС оценочных механизмов по отдельным средам окружающей среды (атмосферный воздух, водные ресурсы, почвы, образование отходов производства и потребления и т.д.) позволяет получать детализированные, но дискретные характеристики, недостаточно территориально систематизированные применительно к экосистемам конкретной территории. Отсутствие экосистемной составляющей при осуществлении ОВОС дает заниженные оценки, которые не учитывают важную часть природного капитала территории, формируемую экосистемами.

Работа нацелена на изучение возможности применения оценки экосистемных услуг в действующем в Российской Федерации составе ОВОС (на практическом примере объекта переработки нефтешламов). В соответствии с поставленной целью были изучены теоретические и методологические основы положения ОВОС и оценки экосистемных услуг; проанализирована зарубежная и российская практика выполнения ОВОС объектов хозяйственной и иной деятельности, в том числе, с использованием оценочных показателей экосистемных услуг; выполнена практическая оценка воздействия на окружающую среду конкретного производственного объекта, с учетом анализа экосистем и оценки экосистемных услуг (путем дополнения имеющихся материалов ОВОС); обобщены полученные результаты и сделаны выводы относительно практического механизма включения оценки экосистемных услуг в процедуру ОВОС (на примере объекта переработки нефтешлама).

Основные положения ОВОС приняты в соответствии с Приказом Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 г. № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» и Стандартом деятельности МФК. Методологические положения оценки экосистемных услуг изложены в Системе природно-экономического учета (ООН) и, как часть СПЭУ, Экспериментальной методологии экосистемного учета (ООН). При выполнении исследования использовались материалы ОВОС, в том числе с использованием оценки экосистемных услуг, проекта «Южный поток», материалы по ОВОС «Богучанский алюминиевый завод в Красноярском крае», объекта переработки нефтешлама и другие материалы, относящиеся к теме исследования, которые находятся в открытом доступе.

Теоретические и методологические основы оценки воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной и иной деятельности предписывают необходимость выявления характера и масштабов воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности, оценки альтерна-

тив ее реализации, оценки экологических и связанных с ними социально-экономических и иных последствий рассматриваемых воздействий и их значимости, определения необходимости и набора мероприятий по минимизации воздействий. Механизм оценки экосистемных услуг – относительно новый в сфере учета взаимосвязи экосистем и экономики. Экосистемные услуги – выгоды и блага, получаемые различными группами пользователей (население, промышленность и др.) в результате использования экосистем. Согласно принятой классификации, экосистемные услуги по своему характеру объединяются в три группы: (1) обеспечивающие (продукты, получаемые от экосистем — пресная вода, древесина, волокна, лекарственные растения и др.); (2) регулирующие (выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов — естественная очистка водоемов, регулирование климата, водного режима и др.); (3) культурные (нематериальные блага, которые люди получают от пользования и общения с природной средой, например, при посещении священных мест и районов, имеющих рекреационное и эстетическое значение).

Анализ зарубежной и российской практики выполнения ОВОС для объектов хозяйственной и иной деятельности показал широкое распространение механизма анализа факторов производственной деятельности, влияющих на окружающую среду. В соответствии с требованиями Стандарта деятельности Международной Финансовой Корпорации в составе ОВОС выполняется оценка воздействия на экосистемы и оказываемые ими экосистемные услуги. Данное положение в обязательном порядке реализуется в зарубежной практике. В Российской Федерации выполнение оценки экосистемных услуг в составе ОВОС в настоящее время не получило широкого распространения, за исключением ОВОС для крупных проектов межгосударственного значения, с зарубежным инвестированием.

Практическая оценка воздействий на окружающую среду, с учетом анализа экосистем и оценки экосистемных услуг (путем дополнения имеющихся материалов ОВОС) выполнялась для объекта переработки нефтешлама, который находится на территории Республики Башкортостан в непосредственной близости к крупному городу, в пределах санитарно-защитной зоны промышленного узла. По результатам ОВОС параметры экологических воздействий установки по переработке нефтешлама (загрязнение атмосферного воздуха; загрязнение поверхностных и подземных вод; загрязнение недр и земельных ресурсов; воздействие при обращении с отходами; воздействие физических факторов; воздействие на объекты растительного и животного мира) удовлетворяют нормативным требованиям. Выбран оптимальный вариант размещения установки на территории предприятия.

В ходе исследований были изучены экосистемы и экосистемные услуги, на которые оказывает влияние объект с точки зрения современного состояния и реализации проекта. В непосредственной близости и в зоне влияния объекта хозяйственной деятельности находятся лесные экосистемы, луговые экосистемы, речные и прибрежные экосистемы, которые предоставляют соответствующие экосистемные услуги (табл. 1).

Таблица 1. Экосистемы и предоставляемые ими экосистемные услуги

Экосистема	Предоставляемые экосистемные услуги	Группа экосистемных услуг
Лесные экосистемы	регулирование/сохранение биоразнообразия (место обитания видов растений/животных)	регулирующие
	улавливание углерода	регулирующие
	регулирование качества воздуха	регулирующие
	недревесные ресурсы леса	обеспечивающие
	древесина	обеспечивающие
Луговые экосистемы	формирование и состав почв	регулирующие
	защита от эрозии	регулирующие
Речные и прибрежные экосистемы	пресная вода	обеспечивающие
	биомасса, изымаемая в ходе рыбного промысла	обеспечивающие
	регулирование гидрологического режима	регулирующие

Оценка предоставляемых экосистемных услуг показала, что наибольшее значение играют регулирующие экосистемные услуги, в значительно меньшей степени – обеспечивающие, культурные услуги, в силу статуса территории (промышленная зона) отсутствуют. Таким образом, наибольшая ценность экосистем, находящихся в зоне влияния объекта хозяйственной деятельности, обусловлена их ролью по сохранению экологического баланса, что особенно важно для территории, и без того испытывающей значительные негативные загрязняющие воздействия. В результате исследований определено, что реализация проекта не приве-

дет к изменению площади и состояния экосистем и не уменьшит объем предоставляемых ими экосистемных услуг. В случае же отказа от деятельности потребуются отведение новых земель для организация новых прудов для нефтешлама на свободных площадях. Это повлечет изъятие из экосистемного оборота находящихся в непосредственной близости лесных экосистем (площадью около 25 га), а также увеличение количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с поверхности существующих прудов. Кроме того, будет упущена возможность использования большого количества углеводов в качестве вторичного сырья.

Обобщение полученных результатов относительно практического механизма включения оценки экосистемных услуг в процедуру ОВОС (на примере объекта переработки нефтешламов) позволяет сделать следующие выводы. Механизм оценки воздействия на окружающую среду и механизм оценки экосистемных услуг не противоречат друг другу и при выполнении получают дополняющие характеристики. «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду», реализуемом в Российской Федерации, предусмотрена возможность оценки экосистемных услуг. Полученные результаты оценки воздействия на окружающую среду с использованием показателей ценности экосистемных услуг позволяют получать более объективные и территориально систематизированные оценочные показатели. Рассмотренный подход полностью соответствуют современным международным требованиям, лучшим практикам и принимается инвестиционными организациями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная финансовая корпорация. Стандарты деятельности по обеспечению экологической и социальной устойчивости. 2012 г.
2. Декларация тысячелетия ООН. 2000 г.
3. Экологический доклад. СЭО «Комплексной программы социально-экономического развития Новокузнецкого муниципального района до 2025 г.». Новокузнецк, 2017.
4. *Фоменко Г.А.* Экономический транзит и охрана природы / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко. Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2016. 313 с.

ГЕНЕЗИС ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДОКЛАДОВ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

М.И. Клёмина, Г.А. Фоменко

Научный руководитель – **Г.А. Фоменко**, д-р геогр. наук,
профессор

Ярославский государственный технический университет,
Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр»

Повышение значимости экологических факторов в связи с принятием ООН глобальных целей устойчивого развития отразилось на структуре и содержании экологических докладов в России и за рубежом. Анализ их возникновения и развития показал повышение их значения в управлении природоохранной деятельностью. Также выявлено возрастание роли комплексных экологических показателей, которые способствуют решению системных проблем долговременного характера. Региональные и местные доклады играют важную роль в повышении результативности комплексного природообустройства и водопользования.

***Ключевые слова:** устойчивое развитие, экологические доклады, экологические показатели, природоохранная деятельность, природообустройство территорий.*

GENESIS OF ENVIRONMENTAL REPORTS IN THE CON- TEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

M.I. Klemina, G.A. Fomenko

Scientific Supervisor – **G.A. Fomenko**, Doctor of Geographical
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University,
Research and Designing Institute “Cadaster”

The increasing importance of environmental factors resulting from the adoption of the UN global sustainable development goals has affected the structure and content of environmental reports in Russia and abroad. An analysis of their emergence and development showed their increasing significance within environmental management. It

also revealed the increasing role of comprehensive environmental indicators, which contribute to solving systemic problems of a long-term nature. The regional and local reports play an important role in increasing the effectiveness of environmental management and water use.

Ключевые слова: *sustainable development, environmental reports, environmental indicators, nature conservation, environmental management.*

Экологические доклады являются комплексным публичным систематизированным сводом информации о состоянии окружающей среды и воздействующих на нее факторах. В результате принятия в 1992 г. Декларации по окружающей среде и развитию, определившей устойчивое развитие приоритетной задачей всего мира, а также в связи с принятием в 2015 г. Целей устойчивого развития, возросла роль экологических факторов, и центральное место занял системный подход к природоохранной деятельности. Эти процессы привели к изменению формы и сути экологических докладов [4]. Целью этой работы является изучение и анализ произошедших изменений, выявление тенденций, а также основных возможностей совершенствования докладов в России. Для достижения этой цели был проведен анализ международной практики, докладов Российской Федерации, экологических показателей. Часть результатов была использована в рамках работ по составлению Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году».

Развитие подходов к составлению экологических территориальных докладов происходило параллельно изменениям общественного восприятия экологических проблем и способов их решения в соответствии с развитием методологии устойчивого развития. До 1990-х годов экологические проблемы рассматривались по-объектно, в основе этого подхода лежало изучение линейных причинно-следственных связей и крупных точечных источников воздействия. В конце 20 века, когда появились данные о комплексных причинах экологических проблем, природоохранные задачи стали интегрировать в отраслевую политику. Такой подход показал свою несостоятельность при решении сложных системных проблем долговременного характера, которые можно решать путем применения комплексов мер, направленных на устойчивое эколого-социально-экономическое развитие территорий [5].

Методология составления докладов основана на применении системы экологических показателей в рамках аналитической схемы «Движущие силы – Давление – Состояние – Воздействие – Реагирование». Движущие силы – это виды деятельности и факторы, которые оказывают воздействие на экологию. Давление – непосредственное воздействие на окружающую среду. Состояние означает текущие параметры окружающей среды и тенденции ее изменения. Воздействие – последствия

антропогенных изменений окружающей среды. Реагирование означает конкретные действия, меры, направленные на решение экологических проблем [3]. Эта схема позволяет установить причинно-следственные связи и рассмотреть взаимодействия в рамках системы «Природа-Человек-Общество».

Международные тенденции в сфере экологической отчетности показывают, что ее основной целью является информационная обеспеченность всех слоев населения, включая широкий круг лиц принимающих решения. Также большое значение придается достижению устойчивости городов и повышению эффективности международного сотрудничества. Структура докладов отражает вышеуказанные тенденции. Помимо общепринятых показателей, они включают в себя разделы, оценивающие эффективность управления и политики в области окружающей среды, экологические риски и жизнестойкость экосистем. Особое внимание уделяется взаимосвязи экономических механизмов и состояния окружающей среды.

В Российской Федерации подготовка докладов о состоянии и об охране окружающей среды осуществляется на государственном и локальном уровнях. Система экологической отчетности также включает кооперативные и пространственные отчеты (атласы). В докладах приводится аналитическая информация о качестве атмосферного воздуха, вод, почв и земель, растительного и животного мира, об использовании полезных ископаемых, об охраняемых природных территориях. Содержится также информация об антропогенном воздействии и о влиянии экологических факторов на здоровье населения. Специальный раздел посвящен государственной экологической политике, что во многом пересекается с мировыми тенденциями в этой сфере [1].

Несмотря на то, что подготовка экологических докладов в России опирается на рекомендации и показатели Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН), процесс носит директивный характер, а форма и содержание докладов отличаются консервативностью и тенденцией к констатации статистических данных без обоснования их изменений. Анализ локальных докладов показал существующую проблему недостаточности информационных данных местного уровня. Также в противовес международным тенденциям наблюдается полное или частичное отсутствие необходимой информации по городам [2].

В ходе работы по приведению содержания докладов в соответствие показателям ЕЭК ООН, нами было выявлено отсутствие таких показателей, как «Население, обеспеченное очисткой сточных вод», «Инвазивные чужеродные виды», «Биосферные заповедники и водно-болотные угодья международного значения», «Орошение земель», «Валовой баланс азота», «Общее количество поставляемой первичной энергии», «Конечное потребление электроэнергии», «Валовое производство электроэнер-

гии». Для всех этих показателей отсутствует методология расчетов, следовательно, чтобы включить их в доклады, необходимо провести разработку соответствующего инструментария и сбор статистической информации. Кроме того, существует ряд показателей, которые нуждаются в доработке и дополнении.

В целом, для улучшения качества территориальных экологических докладов в Российской Федерации, по нашему мнению, необходимо перейти от описательной характеристики состояния окружающей среды и экологических проблем к комплексному анализу функционирования природных систем и их взаимосвязи с социо-экономическими системами. Также требуется разрабатывать статистический инструментарий в соответствии с показателями Устойчивого развития и ЕЭК ООН, дополнять и расширять существующие показатели, входящие в состав докладов.

Таким образом, активное изменение роли экологических факторов в процессе принятия решений привело к повышению значения показателей устойчивого развития и зеленой экономики. Это позволило по-новому взглянуть на пространственное развитие территорий и прийти к пониманию того, что системные показатели являются необходимым условием, основой планирования, проектирования инфраструктуры, пространственного развития и природообустройства. Такая система показателей должна входить в территориальные доклады (государственные и локальные), а также в сопряженные с ними корпоративные отчеты и атласы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. 888 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 2017 г. / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; под научной редакцией Г.А. Фоменко. Ярославль, 2019.
3. Руководство по подготовке оценочных докладов по охране окружающей среды, основанных на применении экологических показателей. ЕЭК ООН. Женева, 2007.
4. *Фоменко Г.А.* Интеграция экологических публичных докладов в управление территориями / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко. М.: Институт устойчивых инноваций, 2013. 186 с.
5. *Фоменко Г.А.* Современные тенденции и особенности экологического территориального планирования / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко // Проблемы региональной экологии. 2018. № 5. С. 154-164.

УДК 004.01

УГРОЗЫ СНИЖЕНИЯ ВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ, АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ

С.С. Мухлаева, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены вопросы антропогенного и природного воздействия на источники пресной воды в России. Показана значимость сохранения основных источников воды, способы их целесообразного использования.

***Ключевые слова:** источники пресной воды, антропогенное воздействие, изменение климата, экологические проблемы.*

THE THREAT OF DECREASING WATER POTENTIAL OF RUSSIA, MAN-MADE AND NATURAL FACTORS

S.S. Mukhlaeva, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the issues of human and natural impact on fresh water sources in Russia. The importance of preservation of the main sources of water, and ways of their expedient use are shown.

***Keywords:** sources of fresh water, human impact, climate change, environmental problems.*

В настоящее время спрос на воду в мире имеет восходящую тенденцию из-за роста населения, повышения уровня жизни, изменения климата и перехода от не возобновляемых источников энергии к возобновляемым.

Ни для кого не секрет, что запасы полезных ископаемых стремительно сокращаются, это приводит к тому, что люди вынуждены использовать альтернативные источники энергии. Самым экологичным видом выработки энергии является гидроэнергетика. Однако, проблема нехватки воды в мире становится все более актуальной.

Антропогенное воздействие оказывает большое влияние на изменение климата. Сжигание топлива приводит к повышению температуры воздуха, а оно в свою очередь вызывает парниковый эффект. Однако, с другой стороны факту потепления найдено объяснение с точки зрения изменения солнечной постоянной. Кроме того, анализ данных об изменениях климата показал, что потепление климата в XX в. должно было произойти и без антропогенного влияния, так как Малый ледниковый период подошёл к концу ещё в доиндустриальную эпоху, а изменения климата начали происходить задолго до промышленной революции.

При этом повышение температуры, ведёт к увлажнению территорий, что частично решает проблему нехватки воды. Последние десятилетия в засушливых регионах России происходит повышенное увлажнение, рост наблюдается не только в засушливых регионах, таких как Северо-Западный Прикаспий, но и большинстве регионов России. То что мы видим сейчас это и аномальные явления. К ним относятся сход ледников, селевые потоки, быстрое переувлажнение. Так например 2002 год отличался аномальным количеством осадков, в этом же году был зафиксирован сход ледника Колка в Северной Осетии. В 2000 сход селевых потоков и затопление Тырнауза, в 2014 обвал на Девдоракском леднике. В 2018 году зафиксированы сходы селевых потоков в Иордании, в Туапсе, Сочи, на Сахалине.

Однако антропогенное воздействие все же происходит, ведь деятельность человека приводит к масштабному загрязнению источников.

Большими водно-энергетическими запасами и источниками пресной воды пригодными для таких целей, как коммунально-бытовое и промышленное водоснабжение, орошение, рыбоводство и др. обладают не все страны,

Но бывает и обратная ситуация, как, например, в Китае.

Несмотря на то, что в Китае находится самая мощная гидроэлектростанция, и что это страна с крупными подземными и поверхностными источниками, огромная численность населения даёт о себе знать. Так в некоторых провинциях Китая истощены подземные источники, а поверхностные воды загрязнены настолько, что они стали непригодными для использования в водоснабжении и орошении.

Наша страна занимает первое место по запасам пресной воды в мире, следовательно она может стать основным экспортером воды в будущем. С этим вырастет спрос на воду и может произойти такая же ситуация, как в Китае. Для того чтобы быть готовыми к давлению на водные источники нужно уже сейчас экономно использовать воду, производить мероприятия по очистке загрязнённых источников, исследовать новые альтернативные источники воды.

Уже сейчас ситуация становится критической для нас, так как на крупнейшем источнике пресной воды, озере Байкал, запланировано строительство китайского завода, на котором будут разливать воду для КНР.

Ученые подтвердили, что строительство завода нанесет значительный ущерб озеру. Более 3 км труб перекроют доступ людей и животных к источнику, что ставит под угрозу существование редких видов и приведет к еще большим экологическим проблемам помимо уже существующих.

Для решения проблем, связанных с количеством и качеством воды, должны быть приняты комплексные меры на государственном уровне и со стороны природоохранных организаций. Строительство и грамотная эксплуатация водохранилищ позволит избежать дефицитов в меженные периоды. Кроме того существует возможность уменьшения количества воды потребляемой водохранилищем на испарение и фильтрацию, посредством расчета водного следа и применения соответствующих мер по его сокращению. Имеет место развитие альтернативных источников воды, таких как сбор дождевой воды, очистка и повторное использование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михайлов Е.А.* Теоретические основы инженерной метеорологии и климатологии: учебно-метод. пособие по дисциплине «Метеорология и климатология» / Е.А. Михайлов, Н.А. Мухин. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2012. 196 с.
2. Увлажнение засушливых земель европейской территории России: настоящее и будущее [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/uvlazhnenie-zasushliviyyh-zemel-evropeyskoj-territorii-rossii-nastoyaschee-i-budushee>. Дата обращения: 11.02.19.
3. Специалисты связали сход ледника Колка в Северной Осетии с изменением климата 2017-06-12. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/304169/>. Дата обращения: 20.02.19.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОЛГЕ ЗА 2009-2018 ГОДЫ

А.С. Власова, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются показатели качества воды, которые сравниваются со значениями ПДК и выявляются отклонения от нормы.

***Ключевые слова:** показатели качества воды, предельно допустимые концентрации, водный объект.*

CHANGE OF WATER QUALITY IN THE VOLGA FOR 2009 - 2018

A.S. Vlasova, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Water quality indicators are considered. They are compared with TLV values and deviations from the norm are identified.

***Keywords:** water quality indicators, maximum permissible concentrations, water body.*

Изучение данного вопроса имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку река Волга играет значительную роль в экономике России. На ней расположено большое количество гидроэлектростанций. Она является источником водоснабжения многих городов, в том числе Ярославля, местом для отдыха и транспортной магистралью. Положенные в основу данной статьи материалы были предоставлены авторам лабораторией АО «Ярославльводоканал».

Таблица 1. Показатели качества воды в р. Волга за 2009–2018 гг.

№ п/п	Показатели / год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	ПДК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
р. Волга (водозабор Северной водопроводной станции)												
1	Водородный показатель, ед. рН	7,94	7,8	7,79	7,7	7,5	7,9	7,9	7,8	7,7	7,8	6,5-8,5
2	Жесткость, °Ж	2,4	2,2	2,2	2,3	2,2	2,5	2,6	2,5	2,5	2,3	10
3	Хлорид-ионы, мг/дм ³	5,3	5,0	5,1	5,5	5,1	7,0	7,5	<10	<10	<10	350,0
4	Сульфат-ионы, мг/дм ³	15,7	18,6	19,2	19,4	19,3	25,3	23,5	22,1	19,7	13,3	500,0
5	Железо общее, мг/дм ³	0,25	0,27	0,24	0,27	0,34	0,22	0,14	0,15	0,32	0,36	0,3
6	Нитрат-ионы, мг/дм ³	1,75	1,86	2,03	1,89	1,82	1,05	1,03	1,03	1,96	1,68	45,0
7	Нитрит-ионы, мг/дм ³	0,022	0,028	0,022	0,029	0,016	0,029	0,022	0,031	0,028	0,024	3,3
8	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,02	0,02	<0,02	0,025	0,027	0,025	0,022	0,031	0,028	0,035	0,1
9	Свинец, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,03
10	Медь, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0006	<0,0006	<0,0006	1,0
11	Цинк, мг/дм ³	<0,005	<0,005	0,016	<0,005	0,007	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1,0
12	ХПК, мг/дм ³	34,8	34,8	34,3	35,7	36,9	27,1	25,4	16,9	30,9	31,3	30,0
13	БПК ₅ , мг/дм ³	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,4	1,3	1,5	2,0
14	ПАВанионоактивные, мг/дм ³	0,030	<0,025	0,031	<0,025	0,068	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,5

Окончание табл. 1

р. Волга (водозабор Центральной водопроводной станции)												
1	Водородный показатель, ед. рН	7,77	7,64	7,72	7,7	7,6	7,9	7,8	7,8	7,7	7,7	6,5-8,5
2	Жесткость, °Ж	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,4	2,3	10
3	Хлорид-ионы, мг/дм ³	6,7	6,0	6,3	6,8	6,7	7,6	7,9	<10	<10	<10	350,0
4	Сульфат-ионы, мг/дм ³	15,6	19,0	19,5	18,2	19,5	25,4	24,1	20,0	17,3	13,5	500,0
5	Железо общее, мг/дм ³	0,23	0,25	0,21	0,29	0,31	0,19	0,12	0,13	0,32	0,34	0,3
6	Нитрат-ионы, мг/дм ³	1,79	1,88	2,10	2,00	1,81	1,15	1,29	1,66	2,03	1,79	45,0
7	Нитрит-ионы, мг/дм ³	0,020	0,027	0,022	0,029	0,027	0,016	0,030	0,019	0,022	0,021	3,3
8	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,03	0,02	0,02	0,029	0,023	0,031	0,035	0,034	0,031	0,034	0,1
9	Свинец, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,03
10	Медь, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0006	<0,0006	<0,0006	1,0

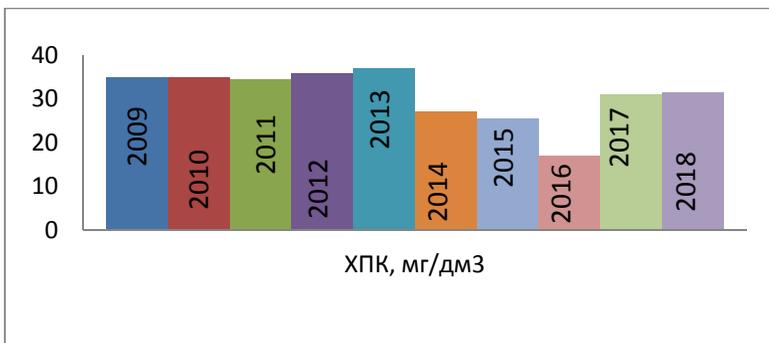


Рис. 1. Значения ХПК в р. Волга в 2009–2018 гг.

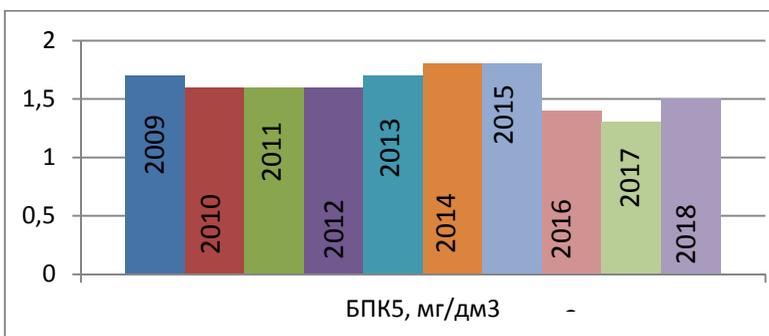


Рис. 2. Значения БПК в р. Волга в 2009–2018 гг.

В целом качество воды в р. Волга за 2009–2018 гг. соответствует норме, исключением стали показатели железо общее с небольшим отклонением в 2013, 2017, 2018 г.г. и ХПК в период 2009–2013 гг. и в 2017, 2018 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы лаборатории АО «Ярославльводоканал» (справка от 01.03.2019 о качестве воды водоисточника).
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" (с изменениями на 2 апреля 2018 года).
3. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЛОТИНЫ В ПОС. ВОХМА
КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.С. Голубева, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья описывает перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период реконструкции линейного объекта.

***Ключевые слова:** плотина, негативное воздействие, охрана окружающей среды.*

**MEASURES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
DURING RECONSTRUCTION OF THE DAM
IN THE VILLAGE OF VOKHMA, KOSTROMA REGION**

A.S. Golubeva, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper examines a list of measures to prevent and (or) reduce the possible negative impact of the proposed economic activity on the environment and the rational use of natural resources for the period of reconstruction of the infrastructure facility.

***Keywords:** the dam, negative impact, environmental protection.*

Плотина на реке Вочка построена и сдана в эксплуатацию в 1972 году. Она находится в черте поселка Вохма Костромской области. Ее

основное назначение - образование водохранилища для разведения рыбы, благоустройства территории и противопожарных нужд.

Как и большинство построенных в двадцатом веке гидротехнических сооружений, данная плотина с течением времени подверглась износу, что грозило полным разрушением водосбросного сооружения, затоплением близлежащих территорий и нарушением экологии, что в конечном итоге могло привести к ужасным последствиям.

В результате обследования данной плотины было установлено, что для дальнейшей безаварийной эксплуатации гидротехнического сооружения требуется проведение ремонтно-восстановительных работ. Учитывая значения диагностических показателей, при превышении которых в эксплуатацию сооружения в нормальном режиме вносятся ограничения, а также вероятность повторения весеннего паводка 2015 года и предпринятые меры по усилению конструкций водосбросного сооружения, было принято заключение о том, что плотина на реке Вочка требует реконструкции.

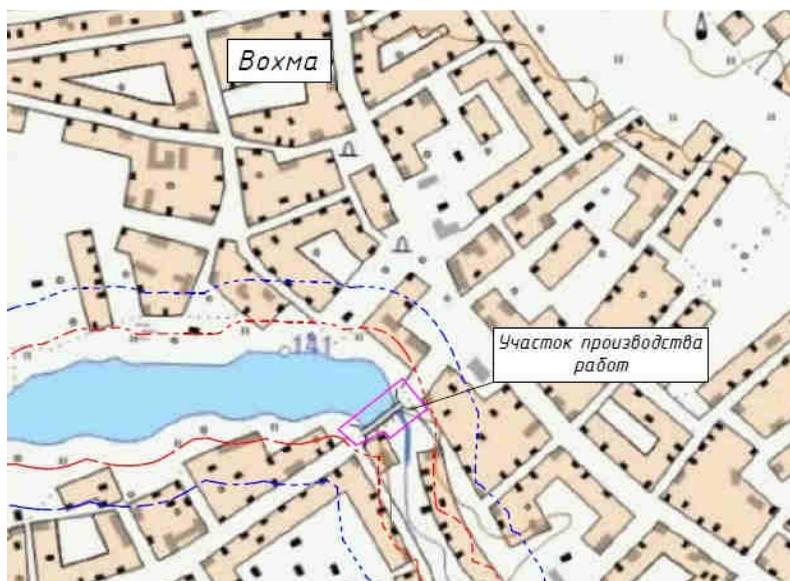


Рис. 1. Карта-схема расположения плотины

Перечень проведенных основных работ по гидротехническому сооружению:

- восстановление и переустройство крепления верхового откоса, переустройство тротуаров, перильных и дорожных ограждений в соот-

ветствии со строительными нормами, устройство централизованного отвода поверхностных вод; полное переустройство всего водосбросного сооружения с демонтажем и разборкой старых конструкций и строительством нового водосброса с устройством обычной автомобильной дороги IV категории по нему и сооружением ледозащитного устройства перед ним в соответствии со строительными нормами и правилами.

В результате проведенных на объекте намеченных основных работ возник вопрос о предотвращении и (или) снижении негативного воздействия данной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период реконструкции линейного объекта. Следовательно, на этом объекте необходимо осуществить выбор наиболее действенных мероприятий по защите окружающей среды.

Перечень выбранных мероприятий:

- мероприятия по охране атмосферного воздуха (систематический контроль над состоянием и регулировкой топливных систем техники; все двигатели должны быть сертифицированы, приоритет должен отдаваться оборудованию, обеспечивающему соблюдение экологических норм и требований в области охраны атмосферного воздуха; использование при работе топлива легких фракций для снижения объемов выбросов, применение сертифицированного топлива и смазочных материалов);

- мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова (основным мероприятием, направленным на восстановление почв и земельных ресурсов, служит их рекультивация после завершения строительных работ);

- мероприятия по рациональному использованию и охране водных биоресурсов на пересекаемых линейным объектом реках и иных водных объектах (своевременное осуществление мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на водном объекте; складирование отходов и мусора за пределами водоохраных зон водных объектов; средства механизации не размещаются на мелководных местах, хорошо прогреваемых и служащих местом нагула молоди рыб; отвалы грунта не размещаются на участках рыбохозяйственных водоемов, представляющих особую ценность, а также в период массового нереста, миграции рыб на месте зимовки или ската молоди; сроки работ увязаны с прохождением нереста основных видов рыб, обитающих на данных участках рек);

- мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов (основная цель природоохранных мероприятий направлена на минимизацию объемов образования отходов, снижение их классов опасности и выбор оптимального способа размещения, утилизации и захоронения каждого вида отходов);

- мероприятия по охране объектов растительного и животного мира и среды их обитания (к работе допускаются только строительные машины серийного производства в технически исправном состоянии и обладающие нормативным уровнем шума, выбросов отработанных газов и освидетельствованные соответствующими сертификатами; при эксплуатации объекта избегать использования сильных источников света, привлекающих и губящих насекомых; минимальное отчуждение земель для сохранения условий обитания животных и птиц);

- программа производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменения всех компонентов экосистемы при строительстве и эксплуатации линейного объекта, а также при авариях на его отдельных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смольянинов В.М.* Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий / В.М. Смольянинов, П.С. Русинов. Воронеж: Изд-во ВГАУ, 1996. 125 с.
2. *Михайлов В.Н.* Гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский. М.: Высшая школа, 2008. 463 с.
3. Федеральный Закон РФ от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 27.12.09 г). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eкоexp.ru/page/27>

О КАЧЕСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ В ПЕРЕСЛАВСКОМ МР ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Романцева, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается качество подземной воды, взятой из скважины № 42 в Переславском МР Ярославской области.

***Ключевые слова:** скважина, качество воды, отбор проб, предельно допустимая концентрация.*

ABOUT THE QUALITY OF UNDERGROUND WATERS IN THE PERESLAVSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE YAROSLAVL OBLAST

A.M. Romantseva, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the quality of groundwater taken from the well No. 42 in Pereslavsky Municipal District of Yaroslavl Oblast.

***Keywords:** well, water quality, sample selection, threshold limit value.*

Вода – источник жизни на Земле. В ней содержатся все необходимые для жизнедеятельности организма компоненты, но помимо этого в воде могут встречаться и вредные соединения солей тяжелых металлов, токсичные элементы, болезнетворные бактерии и другие примеси.

Качество подземных вод было изучено по анализам проб, отобранных из скважины № 42 на участке недр ООО «Переславский Завод

Минеральных Вод», находящийся в Переславском муниципальном районе Ярославской области.

Подземная вода залегаёт в отложениях четвертичного, мелового и юрского возрастов. Общее количество отбора и анализа проб по различным компонентам приведено в табл. 1.

Таблица 1. Содержание нормируемых компонентов в подземной воде из скважины № 42

Показатели	Ед. изм.	ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03, 2.1.5.2208-07 и 1.2.3111-13	Количество определений	Содержание в воде, от-до	Преобладающее содержание
1	2	3	4	5	6
1. Органолептические и обобщенные показатели					
1.1. Запах	балл	2	3	1-2	1-2
1.2. Цветность	градус	20	3	13-15	13
1.3. Мутность	мг/дм ³	1,5	3	1,77-2,33	1,77-2,33
1.4. Жесткость общая	°Ж	7,0	4	4,48-7,9	4,48-7,9
1.5. Щелочность	ммоль/дм ³	не норм.	1	6,1	6,1
1.6. Сухой остаток	мг/дм ³	1000	4	259-612	259-325
1.7. Водородный показатель рН	ед.рН	6-9	4	7,2-7,45	7,2-7,45
1.8. Окисляемость перманганатная	мгО ₂ /дм ³	5,0	4	1,52-3,6	1,52-3,6
1.9. Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	2	0,008-0,039	0,008-0,039
2. Солевой состав					
2.1. Гидрокарбонаты	мг/дм ³	не норм.	4	213,0-719,8	213,0-372,1
2.2. Хлориды	-«-	350	4	4,3-5,0	5,0
2.3. Сульфаты	-«-	500	4	4,979-15,6	10,3
2.4. Нитраты	-«-	45,0	4	<0,1-0,81	<0,1
2.5. Нитриты	-«-	3,3*	4	<0,003-0,024	<0,003

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
2.6. Аммиак и аммоний-ион	мг/дм ³	1,5*	4	<0,1-0,84	<0,1-0,84
2.7. Кальций	-«-	не норм.	5	59,12-94,0	61,4-94,0
2.8. Магний	-«-	50*	5	14,8-40,0	18,6-22,0
2.9. Натрий	-«-	200	5	5,81-96,0	27,0-39,0
2.10. Калий	-«-	не норм.	5	0,56-4,1	0,56-4,1
3. Токсичные элементы					
3.1. Кадмий	-«-	0,001	4	<0,00005- <0,0005	<0,0001
3.2. Свинец	-«-	0,01*	4	<0,0002- <0,005	<0,001
3.3. Цинк	-«-	1,0*	3	<0,0002-0,047	<0,001- 0,047
3.4. Железо	-«-	0,3	5	1,68-2,42	1,96
3.5. Марганец	-«-	0,1	4	0,039- 0,111	0,039- 0,0749
3.6. Медь	-«-	1,0**	4	<0,0003-<0,001	<0,001
3.7. Мышьяк	мг/дм ³	0,01*	4	<0,0005-<0,005	<0,005
3.8. Фтор	-«-	1,5*	3	0,15-0,52	0,44-0,52
3.9. Алюминий	-«-	0,2*	2	<0,0013- <0,04	<0,0013- <0,04
3.10. Барий	-«-	0,7*	2	0,0972-0,375	0,0972- 0,375
3.11. Бериллий	-«-	0,0002*	2	<0,00002-<0,00	<0,0001
3.12. Молибден	-«-	0,07**	2	0,00017- <0,001	0,00017- <0,001
3.13. Никель	-«-	0,02*	3	<0,001- 0,00133	<0,001- 0,00133
3.14. Ртуть	-«-	0,0005	3	<0,00001- <0,0005	<0,0001
3.15. Селен	-«-	0,01*	2	<0,0002- <0,002	<0,0002- <0,002
3.16. Стронций	-«-	7,0*	2	0,01327-0,3	0,01327-0,3
3.17. Хром	-«-	0,05**	2	<0,00069- <0,001	<0,00069- <0,001
3.18. Бор	-«-	0,5	3	0,0193-0,07	0,0193-0,07
3.19. Йод	-«-	0,125*	2	<0,0005- <0,1	<0,0005- <0,1
3.20. Цианиды	-«-	0,07**	1	<0,001	<0,001

По данным опробования скважины видно, что исследованная подземная вода – пресная с величиной общей минерализации 0,259-0,325

г/дм³, по химическому составу - гидрокарбонатная магниевно-кальциевая, жесткая с величиной жесткости 7,9⁰Ж.

Согласно протоколам лабораторных исследований проб воды, наблюдаются превышения предельно допустимой концентрации по мутности -1,77-2,33 мг/дм³ (ПДК – 1,5 мг/дм³), по жесткости – 7,9 (ПДК – 7,0⁰Ж), содержанию железа – 1,68-2,3 мг/дм³ (ПДК – 0,3 мг/дм³) и марганца – 0,111 мг/дм³ (ПДК – 0,1 мг/дм³).

Превышение содержания железа и марганца в подземной воде исследуемой скважине может быть связано с естественным нахождением этих компонентов в водоносных горизонтах пресных подземных вод. Железо почти всегда присутствует в подземных водах, так как оно повсеместно рассеяно в горных породах. Превышения по показателю мутности является следствием повышенного содержания железа.

В целом проведенное исследование показывает, что подземная вода изученного горизонта может быть использована для питьевого водоснабжения при проведение необходимой водоподготовки.

Следует отметить, что качество подземной воды в исследуемой скважине № 42 в Переславском МР Ярославской области в целом характерно для данного района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев Е.С.* Геологическая карта дочетвертичных отложений Ярославской области. Масштаб 1:500 000 / Е.С. Артемьев, В.Г. Левин; под. ред. Е.А. Гаврюшовой и Б.В. Дашевского. М., 1998.
2. *Биндеман Н.Н.* Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / Н.Н. Биндеман, Л.С. Язвин. М.: Недра, 1970. 215 с.
3. *Боревский Б.В.* Оценка запасов подземных вод / Б.В. Боревский, Н.И. Дробноход. К.: Выща школа, 1989. 407 с.
4. Отчет по объекту: «Геологическое изучение с целью поисков и оценки запасов питьевых подземных вод на участке недр ООО «Переславский Завод Минеральных Вод» // В.В. Головкова, Т.А. Семиколенных, Ю.Г. Прыткова. 2016. 163 с.

УДК 628.16

**РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ
В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ
ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ АППАРАТАХ
ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ**

Р.Ю. Иванов, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются модели гидродинамики и тепло-массообмена на сдвоенных прямоточных распылительных аппаратах.

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, аппарат.

**CALCULATION OF COOLING PROCESSES IN HEAT AND
MASS TRANSFER FLOW OF A SPRAY APPARATUS FOR
COOLING FLUIDS**

R.Yu. Ivanov, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The models of hydrodynamics and heat-mass exchange in dual direct-flow spray devices are considered.

Keywords: heat exchange, mass exchange, device.

В двухступенчатых системах для охлаждения промежуточных и конечных нефтепродуктов циркулируют по крайней мере три теплоносителя, при этом два из них движутся по замкнутым контурам и либо используются далее в технологической схеме, либо отбираются в виде готового продукта.

Пары нефтепродукта из ректификационной колонны направляются в дефлегматор, где конденсируются, и часть в виде жидкости отбирается в качестве готового продукта, а часть возвращается в колонну на орошение.

Тепло конденсации передается через стенки труб к воде, т.е. образуется первая теплообменная ступень. Нагретая вода направляется на охлаждение в градирню, где отдает тепло охлаждающему воздуху (вторая теплообменная ступень) и вновь возвращается в теплообменник.

Отработанный пар из куба ректификационной колонны поступает в теплообменник, где отдает тепло воде, а образовавшийся конденсат направляется в паровой котел (котельной завода, ТЭЦ) и снова направляется в колонну.

В последние годы разработаны высокоэффективные двоянные прямоточные распылительные теплообменники, свойства которых открывают широкие возможности их внедрения в нефтеперерабатывающую, нефтехимическую и другие отрасли промышленности.

В двоянных прямоточных распылительных аппаратах объединены обе ступени теплообмена, который осуществляется между тремя теплоносителями: газом (воздухом) и водой, а также водой и жидкостью.

Вторая пара теплоносителей обычно обменивается теплом в той части аппарата, которая подобна оросительному теплообменнику.

Сверху трубы орошаются водой, равномерно распределяемой по их длине при помощи, например, желоба с зубчатыми краями. Отработанная вода отводится из поддона, установленного под трубами. Вода из желоба сначала попадает на верхнюю трубу, образуя на ней пленку определенной толщины в зависимости от удельного расхода воды и размеров трубы, частично нагревается (или охлаждается), стекает на следующую нижерасположенную трубу и т.д.

Расчет двоянных теплообменников в различных вариантах зависит от конкретных условий. Рассмотрим что аппарат предназначен для двухступенчатой системы охлаждения $G_{\text{в}}$ (кг/ч) оборотной воды с температуры $t_{\text{в.н.}}$ до температуры $t_{\text{в.к.}}$ и охлаждения $G_{\text{ж}}$ (кг/ч) технологической жидкости с температуры $t_{\text{ж.н.}}$ до температуры $t_{\text{ж.к.}}$.

I этап. Расчет основных потоков. Количество тепла, которое должна отдать вода

$$Q_{\text{в}} = W_{\text{в}} (t_{\text{в.н.}} - t_{\text{в.к.}}), \quad (1)$$

где $W_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}}$ – водяной эквивалент; $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воды.

Количество тепла, которое должна отдать СОЖ:

$$Q_{\text{ж}} = W_{\text{ж}} (t_{\text{ж.н.}} - t_{\text{ж.к.}}), \quad (2)$$

где $W_{\text{ж}} = G_{\text{ж}} \cdot c_{\text{ж}}$ – водяной эквивалент; $c_{\text{ж}}$ – теплоемкость жидкости.

Суммарный теплосъем

$$\Sigma Q = Q_{\text{в}} + Q_{\text{ж}}. \quad (3)$$

Температура, которую должна иметь вода перед трубчаткой

$$t_{\text{в.т.}} = t_{\text{в.к.}} - \frac{\Sigma Q}{W_{\text{в}}}. \quad (4)$$

II этап. Расчет открытого контура. Выбирают диаметр сопла форсунок $d_{\text{с}}$, корневой угол β факела и номинальный перепад давления воды $\rho_{\text{в}}$ в форсунках. Диаметр сопла $d_{\text{с}}$ следует выбирать исходя из общей про-

изводительности аппарата по воде. Угол β рекомендуется принимать в пределах 40–60°, а оптимальное значение ρ_b – 0,3 МПа.

Массовый расход воды через форсунку

$$G_\phi = \mu \frac{\pi d_c^2}{4} \sqrt{2P_b / \rho_b}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент расхода; ρ_b – плотность воды, кг/м³.

Число форсунок

$$N_\phi = G_b / G_\phi. \quad (6)$$

Количество тепла, которое должно быть передано от воды воздуху

$$Q = G_b \cdot c_b \cdot \Delta t_b. \quad (7)$$

Параметр M , учитывающий долю тепла, передаваемого за счет массоотдачи (испарения):

$$M = 0,8 \exp(-0,056 \cdot t_{г.к.}), \quad (8)$$

где $t_{г.к.}$ – температура воздуха на выходе из аппарата, принимается равной $t_{в.к.}$.

Количество тепла, передаваемого за счет конвекции

$$Q_t = Q / (1 + M). \quad (9)$$

Требуемый расход воздуха

$$G_r = Q_t / (c_r \cdot \Delta t_r). \quad (10)$$

Требуемый коэффициент эжекции

$$U_m = G_r / G_b. \quad (11)$$

Параметр m представляет собой отношение площади сечения контактной зоны $F_{к.з.}$ аппарата на уровне сечения смачивания к суммарной площади сопловых отверстий $\sum f_c$ форсунок, т.е. $m = F_{к.з.} / \sum f_c$. Для его определения можно воспользоваться таблицей 6.

Площадь сечения контактной зоны

$$F_{к.з.} = m \cdot \sum f_c. \quad (12)$$

В случае принудительной подачи газа $F_{к.з.}$ определяется по принятой скорости воздуха v_r в этом сечении $F_{к.з.} = G_r \cdot \rho_r / v_r$. Принимается число рядов N_p размещения форсунок и рассчитывается число форсунок n_ϕ в каждом ряду $n_\phi = N_\phi / N_p$. Рассчитывают длину $L_{к.з.}$ и ширину $B_{к.з.}$ контактной зоны на уровне трубчатки

$$L_{к.з.} = \frac{F_{к.з.}}{N_\phi} \cdot n_\phi; \quad B_{к.з.} = \frac{F_\phi}{N_\phi} \cdot N_p.$$

III. Расчет размеров трубчатки. Потoki орошающей воды и жидкости в трубах движутся в данном случае перекрестно, при этом можно считать, что температура капель воды по каждому сечению факела одинакова. Поверхность теплопередачи определяется из основного уравнения теплопередачи

$$F_{\text{тп}} = \frac{Q_{\text{ж}}}{K \cdot \Delta_{\text{ср}}} \quad (13)$$

В практических расчетах значение коэффициента теплопередачи K при условии, что коэффициент теплоотдачи в трубах не менее $2,5 \text{ кВт/м}^2 \cdot \text{К}$, можно принять равным $1,5\text{--}2 \text{ кВт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Так как трубы в контактной зоне целесообразно размещать в поперечном направлении с небольшим уклоном навстречу движению жидкости, то их длина будет примерно равна ширине контактной зоны, т. е. $l_{\text{т}} = B_{\text{к.з}}$. Диаметр труб $d_{\text{т}}$ в зависимости от состояния жидкости (степени загрязнения) и общего расхода следует выбирать в пределах $16\text{--}32 \text{ мм}$.

Общее число труб

$$n_{\text{т}} = \frac{F_{\text{тп}}}{\pi \cdot d_{\text{т}} \cdot l_{\text{т}}} \quad (14)$$

Скорость жидкости в трубах при внутреннем диаметре труб $d_{\text{вт}}$:

$$v_{\text{т}} = \frac{\text{Re}_{\text{т}} \cdot \mu_{\text{ж}}}{d_{\text{вт}} \cdot \rho_{\text{ж}}}, \quad (15)$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – вязкость жидкости; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости.

Величина критерия Рейнольдса должна быть не менее 12000 , что соответствует развитому турбулентному режиму.

Рассчитывается число труб в одном ходе:

$$n_{\text{т1}} = \frac{4G_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot v_{\text{т}} \cdot \pi \cdot d_{\text{вт}}^2}, \quad (16)$$

и число ходов $n_{\text{х}} = n_{\text{т}}/n_{\text{т1}}$ (17)

Площадь сечения контактной зоны, занимаемая трубами:

$$F_{\text{т}} = d_{\text{т}} \cdot l_{\text{т}} \cdot n_{\text{т}}. \quad (18)$$

Сопоставляются площади, занимаемые $F_{\text{к.з}}$ и $F_{\text{т}}$.

Тогда количество воды, падающей на трубочатку:

$$G_{\text{в.т}} = G_{\text{в}} \cdot \frac{F_{\text{т}}}{F_{\text{к.з}}}. \quad (19)$$

Температура воды, стекающей с трубочатки:

$$t_{\text{в.ст}} = \frac{Q_{\text{ж}}}{G_{\text{в.т}} \cdot c_{\text{в}}} + t_{\text{в}}. \quad (20)$$

Средняя разность температур $\Delta_{\text{ср}}$ определяется по приведенной выше формуле с той лишь разницей, что вместо температуры $t_{\text{в.к}}$ берется $t_{\text{в.ст}}$, а водяной эквивалент для орошающей воды

$$W_{\text{в.т}} = G_{\text{в.т}} \cdot c_{\text{в}}. \quad (21)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепло-массообмен в прямоточных распылительных аппаратах / В.С. Галустов, С.В. Анискин, И.Э. Феддер, А.И. Чуфаровский // Теоретические основы химической технологии. 1987. № 3. С. 298–303.

ТЕПЛО-МАССООБМЕН В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

М.И. Лосев, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются модели гидродинамики и тепло–массообмена на сдвоенных прямооточных распылительных аппаратах.

Ключевые слова: вода, охлаждение, теплообмен, массообмен, аппарат..

HEAT AND MASS TRANSFER IN A PARALLEL FLOW SPRAY APPARATUS FOR COOLING CIRCULATING WATER

M.I. Losev, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The model of heat and mass exchange in direct–flow spray devices for cooling circulating water is considered

Keywords: water, cooling, heat exchange, mass exchange, device.

Традиционные централизованные системы водооборота на базе мощных башенных и вентиляторных градирен в этих случаях не эффективны, так как потребители воды обычно имеют различные режимы работы и охлаждения и различные требования к воде.

В централизованных системах местное загрязнение воды распространяется на всю систему и требует замены всей массы воды. При этом прекращает работать все оборудование, связанное с этой системой.

Кроме этого традиционные градирни с мощными вентиляторами, работающими на двигателях высокого напряжения и имеющие деревянную насадку в качестве наполнителя имеют следующие недостатки:

1. Перепад температур охлаждаемой воды на градирнях со временем уменьшается за счет износа насадки.
2. Влажная насадка существенно загрязняется со временем и увеличивает гидравлическое сопротивление градирни.
3. Пыль может прилипать к лопастям вентилятора и вызывать вибрацию, что в конечном итоге тормозит вентилятор и ухудшает условия теплообмена.
4. Традиционные градирни ограничены температурой горячей воды 50...60 °С.

Традиционные градирни водяного охлаждения очень шумны и подвержены вибрации, усиливающейся со временем

Выделяют на три основные группы таких аппаратов:

1. Аппараты, в которых энергия подводится к газовой фазе, а жидкость поступает за счет эжектирующего действия газа (назовем их газозежекционными);
2. Аппараты, в которых энергия подводится к жидкой фазе, а газ эжектируется потоком капель (жидкостно-эжекционные);
3. Аппараты, в которых энергия подводится к обеим фазам (газожидкостные или жидкостно-газовые, в зависимости от того, к какой из фаз подводится больше энергии).

В Ярославском государственном техническом университете разработан целый класс прямоточных распылительных аппаратов для проведения процессов тепломассообмена с целью водоподготовки природных вод для промышленного и бытового тепло и водоснабжения, и аэрации сточных для биологической очистки.

В подавляющем большинстве случаев потребители охлаждающей воды рассредоточены на предприятиях на значительной территории по отдельным корпусам, цехам и участкам.

Локальные системы охлаждения оборотной воды предназначены для использования на промышленных предприятиях. Системы содержат (см. рис. 1) охладитель воды типа ОВ, бак для сбора нагретой воды, два однотипных насоса, трубопроводы с регулирующей аппаратурой и КИП. В целях предотвращения засоления воды, компенсации испарения и уноса предусматривается подпитка системы до 7% от расхода воды через охладитель и слив в канализацию.

Разработан и испытан в лабораторных и промышленных условиях типоразмерный ряд охладителей типа ОВ (рис. 2). Нагретая воды подается под давлением до 0,3 МПа на центробежно-струйные форсунки, факел которых эжектирует воздух из атмосферы через окно в корпус охладителя.

Вода охлаждается на $10...30^{\circ}$, в зависимости от ее начальной температуры и параметров атмосферного воздуха, и собирается в нижней части аппарата, а отработанный воздух направляется в зону сепарации и отправляется в атмосферу.

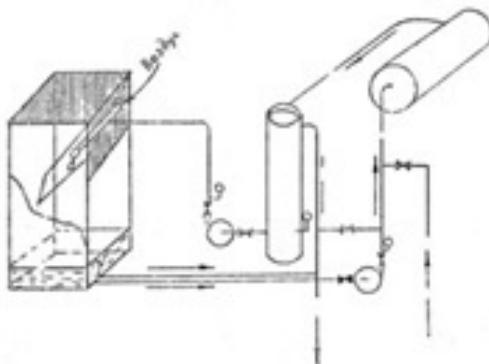


Рис. 1. Локальная система охлаждения оборотной воды

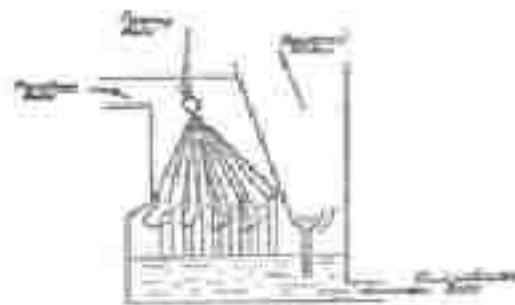


Рис. 2. Охладитель типа ОВ

Сконструированные прямоточно-распылительные аппараты для охлаждения оборотной воды имеют следующие основные преимущества:

1. Перепад температур на таких аппаратах не зависит от времени их эксплуатации и постоянен во весь период использования.
2. Аппараты не имеют механических вентиляторов и влажной насадки, поэтому практически не нуждаются в обслуживании.
3. Период эксплуатации таких аппаратов составит не менее 15 лет, что практически вдвое выше срока эксплуатации вентиляторных градирен.
4. Прямоточные распылительные аппараты существенно позволяют экономить деньги на обслуживании и энергии.

5. Стоимость прямоточных охладителей существенно (в 10...20 раз) ниже вентиляторных градирен.
6. Вес самой тяжелой части таких аппаратов относительно небольшой, поэтому цена перевозки и агрегата уменьшена.
7. Аппараты не создают шума и вибрации.
8. Аппараты не имеет электрических и механических частей, поэтому существенно безопаснее вентиляторных градирен.
9. Изменение нагрузки по охлаждаемой воде в пределах 80...115% не вызывает значительных изменение холодопроизводительности аппаратов.
10. Аппараты не имеет ограничения по температуре горячей воды.

Теплообмен в испарительных охладителях

Удельное количество теплоты, переданной при теплоотдаче соприкосновением, определяется по формуле

$$q_c = \alpha(t - \theta),$$

где q_c - удельное количество теплоты, кДж/(м²·ч); α - коэффициент теплоотдачи соприкосновением, кДж/(м²·ч ·°С); t - температура поверхности воды, °С; θ - температура воздуха, °С.

Удельное количество теплоты, теряемой водой в результате испарения, определяется по формуле

$$q_w = \beta(e_m - e),$$

где q_w - удельное количество теплоты, кДж/(м²·ч); β - коэффициент теплоотдачи испарением, кДж/(м²·ч · Па); e_m - давление насыщения пара при температуре поверхности воды, Па; e - парциальное давление водяного пара в воздухе (абсолютная влажность воздуха), Па.

Сумма удельных количеств теплоты, передаваемой через водную поверхность в результате совместного действия теплоотдачи соприкосновением и поверхностного испарения,

$$q_0 = q_c + q_w = \alpha(t - \theta) + \beta(e_m - e).$$

Когда $t > \theta$, оба процесса действуют в одном направлении, вызывая охлаждение воды.

Изменение температуры жидкости обусловлено переносом теплоты и пара между газом и поверхностью капель, что можно представить в виде следующего уравнения:

$$\frac{dT_{жл}}{dz} = \frac{3\alpha(T_{гф} - T_{жл})}{C_{ж}\rho_{ж}d_{кж}v_{жжл}} + \frac{3L}{C_{ж}d_{кж}} \cdot \frac{d}{dz} d_{кж};$$

где α - коэффициент теплопередачи, α_r - коэффициент теплопередачи газа, $\alpha_{ж}$ - коэффициент теплопередачи жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галустов В.С.* Повышение эффективности систем охлаждения оборотной воды / В.С. Галустов, А.И. Чуфаровский // Информационный бюллетень по водному хозяйству. М.: Издательство управления делами секретариата СЭВ, 1984. № 1. С. 27-31.

УДК 628.16

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛО-МАССООБМЕН В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ АЭРАЦИИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Л.М. Смирнова, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются модели гидродинамики и тепло – массообмена прямо-
точных распылительных аппаратов в процессе аэрации природных и сточных
вод.*

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, аппарат, капля, аэрация.

THE HYDRODYNAMICS AND HEAT AND MASS EXCHANGE IN DIRECT-FLOW SPRAY DEVICES FOR AERATION OF NATURAL AND WASTE WATERS

L.M. Smirnova, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper discusses the models of hydrodynamics and heat and mass exchange
of direct-flow spray devices in aeration of natural and waste waters.*

Keywords: heat exchange, mass exchange, device, drop, aeration.

Перспективы применения аэрации для очистки природных и сточ-
ных вод интересуют многих специалистов.

Группа аппаратов, разработанная в Ярославском государственном
техническом университете, базируется на современных достижениях
техники распыливания жидкостей и способности потока капель эжек-
тировать в полость факела сотни кубометров газа на каждый кубометр рас-
пыленной жидкости.

Жидкость, покинув распылитель, на своем пути до поверхности,
на которую она выпадает, проходит несколько стадий: формирование
капель, формирование газожидкостного факела, движение в зоне свобод-

ного течения, движение в зоне циркуляции, движение в стесненном факеле.

Изменение площади сечения аппарата в общем случае можно описать зависимостью:

$$\frac{dF_A}{dz} = \pi r(z) \operatorname{tg}^2 \psi_1(z); \quad (1)$$

где ψ_1 – угол наклона элемента стенки аппарата к оси факела.

Систему уравнений модели целесообразно составлять отдельно для каждой из зон. Зона свободного течения. При любой форме аппарата справедливо соотношение, определяющее баланс площадей сечения факела S_ϕ и периферийного газового потока S_p :

$$S = S_\phi + S_p = F_A; \quad (2)$$

Для этого запишем соотношение, определяющее изменение площади, ограниченной стружкой:

$$\frac{dS_J}{dz} = 2\sqrt{\pi S_J} \frac{v_{ЖХJ}}{v_{ЖЗJ}} \quad (3)$$

Из уравнения неразрывности для каждой из фаз записываются уравнения сохранения расхода жидкости и газа:

$$\frac{d}{dz} \sum_{(j)} G_{жj} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{d}{dz} (G_{ГФ} + G_{ГР}) = 0; \quad (5)$$

где $G_{ГФ} = \rho_\Gamma v_\Gamma S_{ГФ}$, - массовый расход газожидкостного факела

$G_{ГР} = \rho_\Gamma v_\Gamma S_p$. - массовый расход периферийного потока

Уравнение сохранения количества движения запишем в следующем виде:

$$\frac{d}{dz} [\rho_\Gamma v_\Gamma^2 S_p + \rho_\Gamma v_\Gamma^2 S_\phi + \sum (G_{жj} v_{жzj})] = \quad (6)$$

$$F_A \frac{dp}{dz} + g \cdot \cos \alpha \cdot \sum_{(j)} \left(G \frac{\cos \gamma_i}{v_{жzj}} \right)$$

Для периферийного потока газа запишем уравнение Эйлера

$$v_{ГР} \frac{dv_{ГР}}{dz} = - \frac{1}{\rho_\Gamma} \frac{dp}{dz}; \quad (7)$$

которое после интегрирования представляет собой уравнение Бернулли.

Уравнения движения дисперсной фазы в проекциях на оси Z и X:

$$\frac{dv_{жxj}}{dz} = -C_{sj} \frac{3\rho_\Gamma}{4\rho_{жd_{kj}}} \frac{v_{жxj}}{v_{жzj}} v_{отj}; \quad (8)$$

$$\frac{dv_{\text{ЖКЛ}}}{dz} = -C_{\text{СИ}} \frac{3\rho_{\Gamma}}{4\rho_{\text{Ж}}d_{\text{КЛ}}} \frac{(v_{\text{ЖЗЛ}} - v_{\Gamma\Phi})}{v_{\text{ЖЗЛ}}} v_{\text{ОТЛ}} + \frac{g \cos \alpha}{v_{\text{ЖЗЛ}}}; \quad (9)$$

$$\text{где } v_{\text{ОТЛ}}^2 = v_{\text{ЖЗЛ}}^2 + (v_{\text{ЖЗЛ}} - v_{\Gamma\Phi})^2$$

Ниже (до сечения смачивания) будет находиться зона циркуляции, проникающая внутрь факела, следовательно, сечение факела можно представить суммой сечений основного S_0 и циркулирующего $S_{\text{Ц}}$ газовых потоков:

$$S_{\Phi} = S_0 + S_{\text{Ц}} \quad (10)$$

Поскольку в зоне циркуляции $v_{\text{тп}} = 0$ и $p = \text{const}$, уравнение (7) исключается, а уравнения (5) и (6) записываются несколько иначе:

$$\frac{d}{dz} (\rho_{\Gamma} v_{\Gamma\Phi} S_0) = 0; \quad (11)$$

$$\frac{d}{dz} \left(\rho_{\Gamma} v_{\Gamma\Phi} S_0 + \sum_{(J)} G_{\text{ЖЛ}} v_{\text{ЖЗЛ}} \right) = g \sum_{(J)} \frac{G_{\text{ЖЛ}} \cos \gamma_{\text{Л}}}{v_{\text{ЖЗЛ}}} - \rho_{\Gamma} S_{\text{Ц}} v_{\Gamma\Phi} \frac{dv_{\Gamma\Phi}}{dz}; \quad (12)$$

Для преобразования уравнения (12) достаточно ввести функцию выпадения струек из основного потока в циркулирующий, которая реализуется путем исключения внешних струек:

$$J_2 = \gamma_2(z); \quad (13)$$

На границе перехода к третьей зоне течения вследствие резкого торможения потока скачкообразно изменяются давление и скорость газа, при этом справедлива зависимость

$$\Delta p F_A = \rho_{\Gamma} v_{\Gamma\Phi}^2 S_{\text{Ц}}; \quad (14)$$

Основной газовый поток внутри факела расширяется до площади сечения аппарата ($S_0 = F_A$). Из уравнений (10), (11), (14) получаем граничное условие для изменения давления:

$$\Delta p = \rho_{\Gamma} v_2 (v_2 - v_3); \quad (15)$$

где v_2 и v_3 – скорости газа во второй и третьей зонах на границе этих зон.

Поскольку периферийное течение газа отсутствует, уравнения (2), (5) и (6) несколько изменяются:

$$S = S_{\Phi} = F_A; \quad (16)$$

$$\frac{dG_{\Gamma\Phi}}{dz} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{d}{dz} \left[\rho_{\Gamma} v_{\Gamma\Phi}^2 S_{\Phi} + \sum_{(J)} (G_{\text{ЖЛ}} v_{\text{ЖЗЛ}}) \right] = F_A \frac{dp}{dz} + g \cos \alpha \sum_{(J)} \left(G_{\text{ЖЛ}} \frac{\cos \gamma_{\text{Л}}}{v_{\text{ЖЗЛ}}} \right) \quad (18)$$

уравнение (7) исключается, а уравнение (4) корректируется функцией выпадения капель на стенки аппарата

$$J_3 = \gamma_3(z) \quad (19)$$

Для учета присутствия паров влаги в газовой фазе при моделировании использован искусственный прием, который заключается в том, что газу и пару в сечении факела присваиваются определенные площади, соответствующие их объемному содержанию:

$$S_\Phi = S_{\Gamma\Phi} + S_{\Pi\Phi} \quad (20)$$

Учесть изменение содержания пара можно при совместной записи уравнений сохранения массы жидкостной (4) и газовой (5) фаз:

$$\frac{d}{dz} \left(\rho_\Pi v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} + \rho_\Pi v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} + \sum_{(j)} G_{жj} \right) = 0;$$

Конденсация (испарение) влаги отражается на размерах капель и пылевых частиц, изменение которых можно представить уравнением

$$\frac{d}{dz} d_{kj} = \frac{2D_\Pi (\rho'_{\Pi\Phi} - \rho''_{\Pi\Phi}) Sh_j}{d_{kj} v_{жжj} \rho_ж};$$

где $\rho'_{\Pi\Phi} = \frac{\rho_\Pi S_{\Pi\Phi}}{S_\Phi}$ – концентрация пара в факеле; $\rho''_{\Pi\Phi}$ – равновесное содержание

пара у поверхности капель (пылевых частиц). Связь плотности и температуры газа (пара) в факеле определяется уравнением Клапейрона

$$p = \rho_\Pi R_\Pi T_\Pi = \rho_\Gamma R_\Gamma T_\Gamma;$$

Изменение температуры газа вследствие его взаимодействия с каплями жидкости учитывается уравнением сохранения энергии

$$\rho_\Gamma C_\Gamma T_\Gamma v_{\Gamma\Phi} S_{\Gamma\Phi} + \rho_{\Gamma\Phi} C_{\Gamma\Phi} T_{\Gamma\Phi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Gamma\Phi} + \\ C_ж \sum G_{жj} T_{жj} + \rho_{\Pi\Phi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} (C_\Pi T_{\Gamma\Phi} - \\ - C_\Pi T_{S\Phi} + L_{S\Phi} + C_ж T_{S\Phi}) = const;$$

Изменение температуры жидкости обусловлено переносом теплоты и пара между газом и поверхностью капель, что можно представить в виде следующего уравнения:

$$\frac{dT_{жj}}{dz} = \frac{3\alpha(T_{\Gamma\Phi} - T_{жj})}{C_ж \rho_ж d_{kj} v_{жжj}} + \frac{3L}{C_ж d_{kj}} \cdot \frac{d}{dz} d_{kj};$$

где α - коэффициент теплопередачи, α_Γ - коэффициент теплопередачи газа, $\alpha_ж$ - коэффициент теплопередачи жидкости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пажи Д.Г. Основы техники распыливания жидкостей / Д.Г. Пажи, В.С. Галузов. М.: Химия, 1984.

**ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ
ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРЯМОТОЧНЫХ
РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ**

А.А. Чекашкина, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются процессы гидродинамики и тепло-массообмена в аппаратах для декарбонизации природных и сточных вод в системах водоподготовки.

***Ключевые слова:** теплообмен, массообмен, аппарат, декарбонизация, десорбция.*

**DECARBONIZATION OF NATURAL WATER IN WATER
TREATMENT SYSTEMS IN DIRECT-FLOW SPRAY DEVICES**

A.A. Chekashkina, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the processes of hydrodynamics and heat and mass exchange in the devices for decarbonization of natural and waste waters in water treatment systems.

***Keywords:** heat exchange, mass exchange, device, decarbonization, desorption.*

Способ удаления из воды свободной углекислоты методом аэрации широко применяют на ВПУ ТЭС и АЭС.

В настоящее время известны два принципиальных подхода к конструированию декарбонизаторов, использующих для подачи газовой фазы (воздуха) эффект эжекции.

Аппараты первого типа, разработанные «Волгоградским институтом Сельхозпроект», основываются на традиционных водо-воздушных эжекторах. В них струя жидкости, вытекающая с большой скоростью из соплового насадка, эжектирует окружающий газ и создает разрежение в приемной камере, что, безусловно, способствует десорбции CO_2 .

Эти аппараты относятся к классу струйных аппаратов, в которых сплошной фазой является жидкость, и эжекция газа обусловлена его взаимодействием с поверхностью скоростной струи на ее пути от сопла до камеры смешения.

Объемный коэффициент эжекции обычно составляет 0,2 - 2 и редко превышает 8.

Для осуществления же процесса декарбонизации удельный расход воздуха должен быть равен примерно 30 - 100, а иногда и более. Поэтому струйные декарбонизаторы выполняют многоступенчатыми, и струя в них проходит через несколько последовательно установленных камер смешения с сужениями.

Но за увеличение эффективности водо-воздушного эжектора в отношении массообмена, достигаемое за счет «многоступенчатости», приходится платить значительным увеличением энергетических затрат.

Вторая группа аппаратов, разработанная Ярославским государственным техническим университетом (рис. 1), базируется на современных достижениях техники распыливания жидкостей и способности потока капель эжектировать в полость факела десятки, сотни и даже тысячи кубометров газа на каждый кубометр распыленной жидкости.

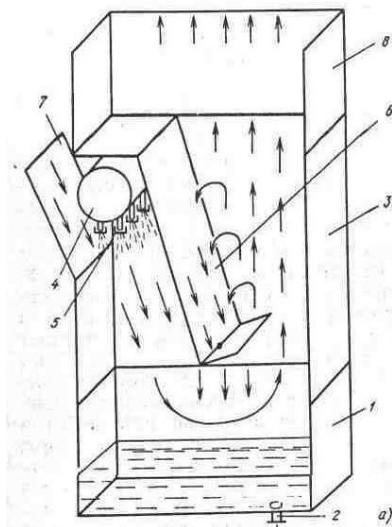


Рис. 1. Схема прямооточного распылительного аэрата:

- 1 - сборный бак; 2 - штуцер слива декарбонизованной воды; 3 - средняя царга; 4 - коллектор; 5 - форсунки; 6 - перегородка; 7 - заслонка; 8 - верхняя царга

Такие аппараты выполняют одноступенчатыми, и они способны работать при сравнительно низком перепаде давления воды на распылителях (начиная с 0,05 МПа). Принципиально по-иному, чем в аппаратах первой группы, в них обеспечивается требуемая производительность.

В струйных аппаратах при увеличении производительности приходится увеличивать диаметр соплового насадка. Удельная площадь поверхности струи при этом снижается, соответственно уменьшается коэффициент эжекции, увеличивается необходимое число ступеней, высота аппарата и требуемое давление перед соплом, т.е. энергозатраты.

Альтернативой этому пути является установка нескольких параллельно работающих аппаратов, что влечет за собой усложнение конструкции декарбонизационной установки в целом и увеличение материальных затрат.

В распылительных аппаратах требуемая производительность обеспечивается установкой необходимого числа распылителей. Такие аппараты легко допускают секционирование, регулирование расхода практически в любых требуемых пределах.

Декарбонизаторы разработанные в ЯГТУ имеют следующие отличительные особенности:

- аппарат имеет прямоугольную форму;
- декарбонизатор состоит из нескольких элементов (царг):
- нижней, являющейся сборной емкостью декарбонизированной воды.
- средней, разделенной внутри наклонной перегородкой на зону контакта (левую) и зону сепарации (правую),
- верхней, предназначенной для предотвращения попадания отработанного воздуха в зону контакта.

В верхней части зоны контакта установлен коллектор с укрепленными на нем форсунками. Размер окна, через которое входит в аппарат эжектированный воздух, регулируется заслонкой, которая в промышленных образцах может и отсутствовать. Из-за наклонной перегородки обе зоны (как контакта, так и сепарации) получают расширяющимися в направлении движения потоков.

В первой зоне расширяющаяся форма соответствует форме факелов и способствует уменьшению доли жидкости, выпадающей на стенки аппарата.

При этом коллектор поворачивают так, чтобы оси форсунок были параллельны средней линии вертикального сечения контактной зоны, а

угол раскрытия контактной зоны принимают на $5...7^\circ$ меньше угла раскрытия факелов.

Расширяющаяся форма зоны сепарации обеспечивает постепенное уменьшение скорости газа, снижение его несущей способности и оседание капель на перегородке. По ней они стекают в желоб, образованный отогнутым краем перегородки.

Собранная в желобе жидкость через отверстия стекает в бак. Следует отметить, что при такой конструкции работают два механизма сепарации капель. Основной из них - инерционный, обусловлен резким разворотом газа почти на 180° при его переходе из зоны контакта в зону сепарации. При этом из газа выпадает $90...97\%$ всех капель.

Непосредственно в зоне сепарации работает гравитационный механизм. Чтобы входное в зону сепарации окно не создавало заметного сопротивления, оно должно быть на $10...15\%$ больше минимально необходимого по площади входного окна в зону контакта.

Отметим несколько важных достоинств описанного аппарата.

Во-первых, он является саморегулирующимся, и при увеличении расхода жидкости (либо за счет увеличения давления воды перед форсунками, либо за счет включения дополнительных форсунок) соответственно возрастает и расход воздуха.

Такая особенность обусловлена тем, что коэффициент эжекции мало зависит как от перепада давления (в указанном диапазоне), так и от числа параллельно работающих форсунок.

Во-вторых, главный элемент аппарата - форсунки легко доступны для визуальных наблюдений за их состоянием, чистки и замены, что наряду с исключительной простотой конструкции существенно упрощает обслуживание и ремонт декарбонизатора.

Увеличением числа секций можно по мере необходимости, например, при расширении котельной и увеличении ее водопотребления, наращивать мощность декарбонизатора. Так как декарбонизаторы часто размещаются вне помещений, принципиальных ограничений для увеличения высоты аппарата нет.

Необходимый удельный расход воздуха при декарбонизации в $5...10$ раз меньше, чем при испарительном охлаждении воды, соответственно и размеры аппарата могут быть уменьшены, либо при тех же габаритах аппарата – в $5...10$ раз может быть увеличен объем обрабатываемой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галустов В.С.* Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике. М.: Энергоиздат, 1989. 240 с.

ДЕАЭРАЦИЯ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРЯМОТОЧНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

В.А. Шигарева, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – **Е.А. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс тепло-массообмена в прямоточных распылительных аппаратах для деаэрации воды в системах водоподготовки

Ключевые слова: деаэратор, теплообмен, массообмен, аппарат, вода, пар, газ.

DEAERATION OF WATER IN WATER TREATMENT SYSTEMS IN DIRECT-FLOW SPRAY DEVICES

V.A. Shigareva, E.A. Mikhailov

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the process of heat and mass exchange in direct-flow spray devices for deaeration of water in water treatment systems

Keywords: deaerator, heat exchange, mass exchange, device, water, steam, gas.

Деаэрация является ступенью десорбции коррозионно-активных газов при которой содержание этих газов в питательной воде котлов снижается до установленных норм.

Метод термической деаэрации представляет собой сочетание процессов теплообмена (нагрева обрабатываемой воды до температуры насыщения) и массообмена (переноса растворенных в воде газов в паровую среду).

В настоящее время в теплоэнергетике применяют различные типы деаэраторов. По рабочему давлению они подразделяются на вакуумные, атмосферные и повышенного давления деаэраторы.

Атмосферные деаэраторы и деаэраторы повышенного давления в качестве греющей среды используют пар.

Преимущество атмосферных деаэраторов перед вакуумными, состоит в том, что в них исключаются затраты, обусловленные необходимостью создания и поддержания вакуума.

Паро-воздушная смесь (выпар) из деаэраторов направляется в охладитель выпара, где пар конденсируется, а газы выводятся в атмосферу. Наряду со встроенными контактными охладителями выпара, составляющими отсек деаэраторов, широко распространены поверхностные выносные аппараты.

Недостатками таких традиционных охладителей выпара являются ограничение начальной температуры охлаждающей воды и чрезвычайно быстрый коррозионный износ трубной системы вследствие конденсации пара, содержащего значительное количество CO_2 и O_2 .

Необходимо отметить еще одну особенность тепло - массообменных процессов водоподготовки.

Если на других этапах интенсификация обработки воды зависит в основном от количества реагента (коагулянта, катионита, анионита) и в некоторой степени от температуры воды, то при дегазации она во многом определяется характером распределения фаз, развитием поверхности контакта, гидродинамической обстановкой.

Большое количество технологических процессов водоподготовки, могут с весьма высокой эффективностью осуществляются при непосредственном контакте взаимодействующих фаз.

Это, прежде всего, тепло-массообменные процессы подготовки воды для подпитки котлов и тепловых сетей.

Вместе с тем известно, что в процессах, протекающих с изменением фазового состояния (испарении, конденсации), при адсорбции трудно растворимых газов (азрация) т. е. во всех случаях, когда для завершения процесса достаточно одной теоретической ступени контакта, преимущества противотока перед прямотоком в отношении движущей силы становятся малозаметными.

Это обусловлено тем фактом, что одна из фаз имеет практически неизменный параметр качества фазы (например, температуру воздуха при охлаждении жидкости) на всем протяжении процесса.

Использование же прямоточной организации взаимодействия фаз практически снимает ограничения по скорости газовой (паровой) фазы и тем самым открывает возможность для создания интенсивных малогабаритных аппаратов.

В ЯГТУ разработан [1] целый ряд деаэраторов нового типа - прямоточных распылительных, один из вариантов которых представлен на рис. 1. Он содержит две деаэрационные колонки 3 цилиндрической формы, установленные рядом на горизонтальном баке коллектора 2.

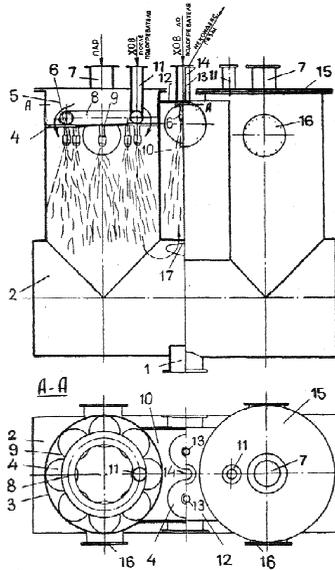


Рис. 1. Деаэратор прямоточный распылительный, совмещённый с охладителем пара:

- 1 - патрубок отвода деаэрированной воды; 2 - бак сбора деаэрированной воды; 3 - обечайка; 4 - отверстия в распределительной тарелке; 5 - парораспределительный объем; 6 – центробежно-струйные форсунки; 7 - патрубок подачи пара; 8 - коллектор химочищенной воды; 9 - распределительная тарелка; 10 - тепло-массообменное пространство; 12 - крышка охладителя пара; 13 - патрубки подачи воды на форсунки; 14 - патрубок отвода неконденсирующихся газов; 15 - крышка аппарата; 16 - люки; 17 - отверстия для пара

Аппарат [2] работает следующим образом. Вода на деаэрацию поступает после предварительной химической обработки (обессоливания и декарбонизации) и через патрубок 11 и коллектор 8 подается на форсунки 6. Пар через патрубок 7 поступает в парораспределительный объем 5 и через отверстия 4 в зону деаэрации.

Форсунками 6 вода распыливается на капли, создающие заполненный конусный факел распыла. Скоростной поток капель, взаимодействуя с паром, увлекает последний в полость факелов, обеспечивая равномерный и гарантированный контакт фаз.

Процесс тепло-массообмена между паром и водой осуществляется на высокоразвитой поверхности капель. По мере движения капель в зоне деаэрации они нагреваются до температуры насыщения (за счет конденсации пара), а растворенные в них газы переходят в пар.

Деаэрированная вода собирается в баке коллектора 2 и через пат-

рубок сливается в бак-аккумулятор. Выпар через отверстия 17 поступает в зону охлаждения 10, где встречается с каплями воды, подаваемой через форсунки 6.

Для расчета прямоточных распылительных деаэраторов используются те же соотношения, что и при расчете обычных тепло - массообменных процессов.

Учет присутствия паров влаги в газовой фазе при моделировании обеспечивается тем, что газу и пару в сечении факела присваиваются определенные площади, соответствующие их объемному содержанию:

$$S_{\Phi} = S_{\Gamma\Phi} + S_{\Pi\Phi}$$

Учесть изменение содержания пара можно при совместной записи уравнений сохранения массы жидкостной (4) и газовой (5) фаз:

$$\frac{d}{dz} \left(\rho_{\Pi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} + \rho_{\Pi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} + \sum_{(j)} G_{жj} \right) = 0;$$

Конденсация (испарение) влаги отражается на размерах капель и пылевых частиц, изменение которых можно представить уравнением

$$\frac{d}{dz} d_{кж} = \frac{2D_{\Pi}(\rho'_{\Pi\Phi} - \rho''_{\Pi\Phi})}{d_{кж} v_{жжz} \rho_{ж}} Sh_j;$$

где $\rho'_{\Pi\Phi} = \frac{\rho_{\Pi} S_{\Pi\Phi}}{S_{\Phi}}$ – концентрация пара в факеле; $\rho''_{\Pi\Phi}$ – равновесное содержание

пара у поверхности капель (пылевых частиц). Связь плотности и температуры газа (пара) в факеле определяется уравнением Клапейрона

$$p = \rho_{\Pi} R_{\Pi} T_{\Pi} = \rho_{\Gamma} R_{\Gamma} T_{\Gamma};$$

Изменение температуры газа вследствие его взаимодействия с каплями жидкости учитывается уравнением сохранения энергии

$$\rho_{\Gamma} C_{\Gamma} T_{\Gamma\Phi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Gamma\Phi} + \rho_{\Gamma\Phi} C_{\Gamma\Phi} T_{\Gamma\Phi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Gamma\Phi} + \\ C_{ж} \sum G_{жj} T_{жj} + \rho_{\Pi\Phi} v_{\Gamma\Phi} S_{\Pi\Phi} (C_{\Pi} T_{\Gamma\Phi} - \\ - C_{\Pi} T_{S\Phi} + L_{S\Phi} + C_{ж} T_{S\Phi}) = const;$$

Изменение температуры жидкости обусловлено переносом теплоты и пара между газом и поверхностью капель, что можно представить в виде следующего уравнения:

$$\frac{dT_{жj}}{dz} = \frac{3\alpha(T_{\Gamma\Phi} - T_{жj})}{C_{ж}\rho_{ж}d_{кж}v_{жжz}} + \frac{3L}{C_{ж}d_{кж}} \cdot \frac{d}{dz} d_{кж};$$

где α - коэффициент теплопередачи, α_{Γ} - коэффициент теплопередачи газа, $\alpha_{ж}$ - коэффициент теплопередачи жидкости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галустов В.С.* Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике. М.: Энергоиздат, 1989. 240 с.
2. А. с. 992430 СССР, МКИ В01d. Деаэрагор / В.С. Галустов, И.Э. Феддер, Е.Л. Белороссов, Л.А. Степанов, В.Г. Лопатухин // Открытия. Изобретения. 1983.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ
СП 296.1325800.2017 В РАСЧЕТАХ
НА ПРОГРЕССИРУЮЩИЕ ОБРУШЕНИЯ**

П.А. Смирнов, А.Л. Балускин

Научный руководитель – **А.Л. Балускин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются особенности новых норм проектирования и учета на прогрессирующее обрушение, приводятся некоторые виды локального разрушения. выполнение нормируемых и экстремальных нагрузок.

***Ключевые слова:** прогрессирующее обрушение, экстремальные нагрузки.*

**FEATURES OF THE APPLICATION OF THE PROVISIONS
OF THE SP 296.1325800.2017 IN THE CALCULATION
FOR PROGRESSIVE COLLAPSE**

P.A. Smirnov, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The features of the new norms of design and accounting for progressive collapse are considered, some types of local destruction are given. performance of normalized and extreme loads.

***Keywords:** progressive collapse, extreme loads.*

При реализации крупных проектов строительства в России возникают вопросы гарантирования обеспечения безопасности и предотвращения чрезвычайных ситуаций. При дальнейшем развитии норм проектирования учитывают такие факты как: снижение уровня опасности сооружения, повышение надежности, улучшение комфорта и эффективное использование материалов.

В настоящее время к действующему СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1] и МДС 20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного обрушения» [2] с 2018 года введен в действие новый СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» [3].

Потребность в создании новых и улучшения действующих норм и правил по защите зданий и сооружений от особых и экстремальных воздействий возникло достаточно давно. В основе всего послужило трагическое событие 1968 года, обрушение фрагмента башни Ронан Пойнт в Кэннинг-Таун в Ньюхэм Лондон. Воздействие особой нагрузки (взрыв бытового газа), которое в те времена не учитывались на этапе проектирования, послужило началом становления норм по предотвращению подобных ситуаций. Наиболее известным случаем прогрессирующего обрушения конструкций является разрушение всемирного торгового центра в Нью-Йорке, произошедшее одиннадцатого сентября 2011 года в результате террористической атаки. Разрушение ВТЦ повлекло за собой катастрофические последствия. В соответствии с этими событиями разрабатывались и развивались нормы защиты сооружений. В своде правил [3] устанавливаются требования по учету особых нагрузок и воздействий при проектировании зданий и сооружений нормального и повышенного уровней ответственности, а также обеспечению требования по надежности строительных конструкций и оснований при аварийно-опасных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характера. Также расширяются типы зданий, которые должны быть подвержены защите от воздействия данных нагрузок.

Основной расчет по СП 296.1325800.2017, на прогрессирующее обрушение, проводится для зданий и сооружений КС 3 (повышенный уровень ответственности по ГОСТ 27751-2014), а также зданий и сооружений класса КС 2 (нормальный уровень ответственности по ГОСТ 27751-2014) [3]. В СП 296.1325800.2017 подробнее представлены особые нагрузки, которые следовало учитывать по МДС 20-2.2008. В [1] устанавливаются нормативные требования по расчету строительных конструкций и сооружений на следующие виды нормируемых, проектных особых нагрузок и воздействий:

- экстремальные климатические нагрузки и воздействия, к этим нагрузкам относятся: экстремальные снеговые нагрузки, экстремальные воздействия ветра, экстремальные гололедные нагрузки и экстремальные температурные, имеющие период повторяемости 100 лет и более;
- нагрузки при взрывах снаружи или внутри сооружения;
- ударные, в том числе такие экстремальные нагрузки такие как: нагрузки при столкновении транспортных средств, ремонтной и строительной техники с частями сооружения, удар дорожных транспортных средств по несущим и опорным частям зданий сооружений;
- нагрузки, вызванные сходом с рельсов рельсовых транспортных средств под конструкциями или вблизи конструкций сооружения;
- падение вертолета на сооружение, удар вилочного погрузчика;
- нагрузки от пожарных автомобилей на подземные части зданий.

Расчетом должны быть проверены все наиболее опасные схемы локального разрушения. Все сценарии соответствуют отдельному особому сочетанию нагрузок и в соответствии с указаниями СП 20.13330 должны включать в себя одно из нормируемых (проектных) особых воздействий или один вариант локальных разрушений несущих конструкций для аварийных особых воздействий.

Варианты разрушений для многоэтажных монолитных зданий:

1- Рассматривается несколько вариантов расположения удаляемых конструкций:

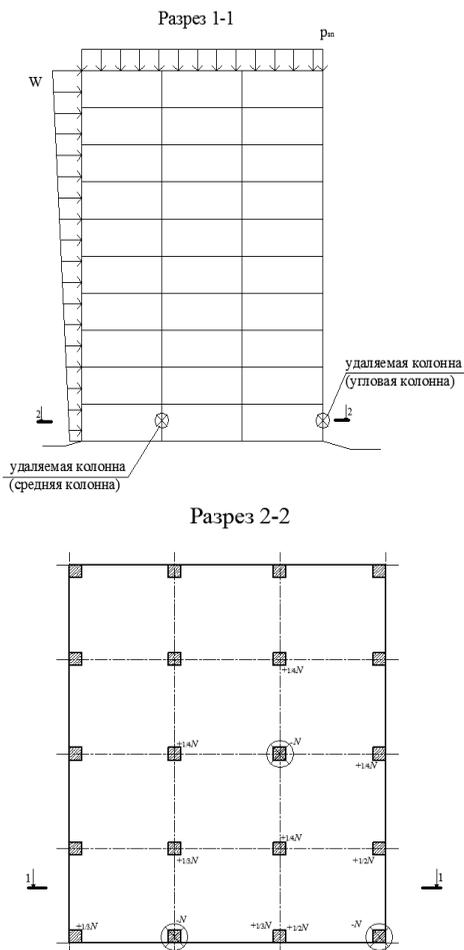


Рис. 1 (перераспределение усилий показано на плане)

При действии проектных и аварийных особых воздействий максимально допустимую площадь локального разрушения несущих конструкций зависит от высоты здания и варьируется от 40 до 100 м здания, в некоторых случаях в зависимости от типа сооружения [6]. Конструкции должны быть запроектированы и построены таким образом, что при удалении одного любого локального несущего элемента здание в целом остается устойчивым и размер разрушения не превышает 15% площади этажа, но не более 100 м², на каждом из смежных междуэтажных перекрытий или покрытий [6]. Если данное требование не выполняется, то этот локальный несущий элемент должен быть рассчитан как ключевой элемент. Ключевые элементы конструкции зданий и сооружений должны быть рассчитаны на особые сочетания нагрузок с учетом кратковременной нагрузки.

2- Разрушение по площади перекрытия.

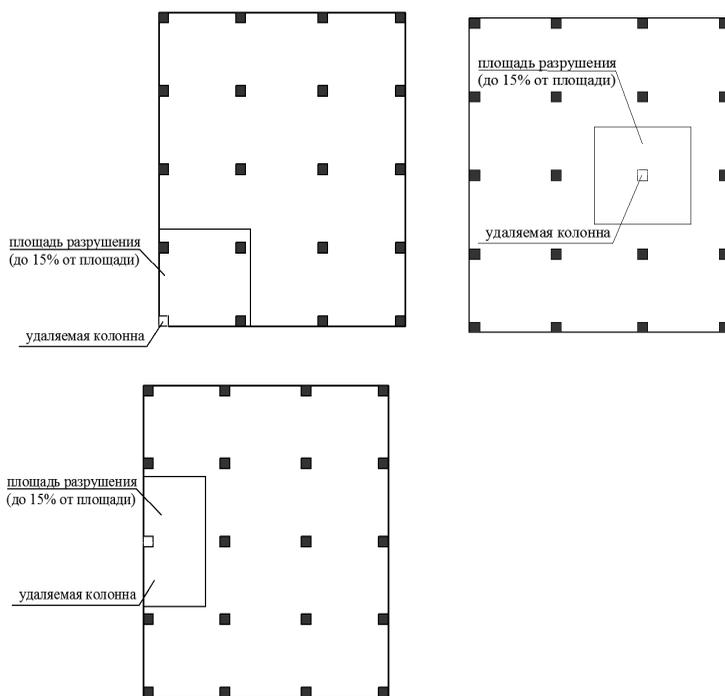


Рис. 2

Каждое такое разрушение должно рассматриваться на этапе проектирования отдельно и пространственно. В частности, рассматриваемый в

СП [3] расчет на прогрессирующее обрушение начинается с прогноза секторов локального разрушения при проектировании несущих конструкций:

- для зданий и сооружений до 75 м высотой они ограничены кругом диаметра не менее 6 м; $A = 20 \text{ м}^2$;
- для зданий и сооружений от 75 м до 200 м высотой – кругом диаметра не менее 10 м; $A = 78,5 \text{ м}^2$;
- для зданий и сооружений более 200 м высотой – кругом диаметра не менее 11,5 м. $A = 104 \text{ м}^2$.

Не менее важно, чем вопрос о законодательном регулировании расчета и проектирования, стоит вопрос об общепринятом подходе к обеспечению прочности каркаса зданий при запредельных воздействиях. При выполнении практических расчетов невозможно точно:

- 1) спрогнозировать место приложения силы,
- 2) рассчитать величину экстремальной нагрузки,
- 3) предвидеть непредсказуемы дефекты монтажа и изготовления строительных конструкций,
- 4) спрогнозировать отклонения в свойствах материалов,

Все вышеперечисленное дополнительно осложняет процесс расчетного обоснования. В связи с этим множество авторов занимается вопросами конструктивных решений, способствующих сохранению структурной целостности здания, прогнозирования наиболее вероятных аварийных ситуаций и их последствий.

При расчете строительных конструкций на особые сочетания нагрузок в соответствии с требованиями СП 20.13330 необходимо учитывать проектные климатические и особые воздействия. Произведем и сравним расчеты на снеговую и ветровую нагрузки согласно СП 20.13330 и СП 296.1325800. Так как для Ярославля и Ярославской области отсутствуют данные по особым климатическим воздействиям, для расчета на особые нагрузки и воздействия по СП 296.1325800, принимаем данные по ближайшему географически расположенному региону. Для расчета снеговой нагрузки выбрана Вологодская область. Для расчета на снеговую нагрузку:

- нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия по СП 20.13330:

$$S = 2,8 \text{ кПа};$$

- расчетное значение экстремальной снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия для аварийной расчетной ситуации по СП 296.1325800:

$$S_{\text{ext}} = 3,5 \text{ кПа}$$

с учетом дополнительного коэффициента надежности по экстремальной снеговой нагрузке.

Из полученных данных следует, что снеговая нагрузка по СП 296.1325800 возрастает в $\gamma_a=1,25$ раза от нормативной.

Аналогично проводится сравнение для ветровой нагрузки. Проводим расчеты на ветровую нагрузку:

- нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p по СП 20.13330 :

$$w = 0,518 \text{ кПа}$$

- максимальная скорость ветра $V_{\max}(z_{\text{ЭК}})$, на уровне $z_{\text{ЭК}}$, будет по СП 20.13330:

$$V_{\max}(z_{\text{ЭК}}) = 6,5 \text{ м/с};$$

- критическая скорость ветра V_{\max} для места строительства на высоте (z) рассчитывается, и будет составлять по СП 296.1325800:

$$V_{\max} = 7,15 \text{ м/с}.$$

Из результатов видно, что расчетная нагрузка по СП 296.1325800 возрастает в 1.15 раза от нормативной по СП 20.13330.

Для расчета на температурные климатические воздействия:

- нормативные значения изменений средних температур по сечению элемента в теплое Δt_w и холодное Δt_c время года вычисляется по СП 20.13330:

- средние значения суточные температуры наружного воздуха в теплое и холодное время года t_{bc} и t_{bw} определяются согласно СП 20.13330, равны - $t_{bc} = -36,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{bw} = 26,35 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно:

$$\Delta t_w = 49,67 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_c = -25,88 \text{ }^\circ\text{C};$$

- нормативные значения изменений средних температур по сечению элемента в теплое Δt_w и холодное Δt_c время года вычисляется по СП 20.13330:

значения t_{bc} и t_{bw} определяются согласно СП 296.1325800, равны - $t_{bc} = -40,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{bw} = 29,55 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно:

$$\Delta t_w = 52,67 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_c = -27,68 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Из результатов следует, что расчетные климатические нагрузки в теплое и холодное время года по СП 296.1325800 возрастает на 6% от нормативных по СП 20.13330

Европейские нормы и нормы РФ дают близкие результаты по нормированию особых воздействий.

Основными методами защиты от прогрессирующего обрушения являются применение превентивных методов защиты, косвенное проектирование, прямое проектирование. Прогрессирующее обрушение вид аварии, который может унести огромное количество жизней людей. В настоящее время трудно рассчитать вероятность возникновения той или иной чрезвычайной антропогенной ситуации, но мы можем уменьшить

потери при её возникновении. При строительстве новых объектов – высотных зданий, сооружений для культурно-зрелищных мероприятий и прочих сооружений с массовым пребыванием людей должна учитываться величина риска возникновения аварии, а также просчитываться все возможные локальные аварийные воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
2. МДС 20-2.2008 Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях.
3. СП 296.1325800. Здания и сооружения особые воздействия.
4. *Тихонов И.Н.* Проектирование армирования железобетона / И.Н. Тихонов, В.З. Мешков, Б.С. Расторгуев. М., 2015. 276 с.
5. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».
6. EN 1991-1-7-2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Особые воздействия / Минстройархитектуры Республики Беларусь. Минск, 2010.

АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВЛИ СО СТРОПИЛЬНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В ЗДАНИЯХ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

Е.О. Андрос, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается актуальность регулирования напряженно-деформированного состояния несущих элементов стального покрытия. Проводится обзор существующих исследований в области регулирования усилий в статически неопределимых системах и пространственной жесткости в зданиях со стальным каркасом. Указываются возможные направления дальнейшего исследования.

***Ключевые слова:** стальной профилированный настил, напряженно-деформированное состояние, неразрезная балка, податливые опоры, жесткость.*

ANALYSIS OF JOINT WORK OF BEARING ELEMENTS OF THE ROOF WITH TRUSS STRUCTURES IN BUILDINGS WITH A STEEL FRAME

E.O. Andros, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the relevance of the regulation of stress-deformation state of the bearing elements of the steel coating. The review of existing studies in the field of regulation of forces in statically indeterminate systems and spatial stiffness in buildings with steel frame is carried out. Possible directions of further research are indicated.

***Keywords:** steel profiled flooring, stress-deformation state, continuous beam, pliable supports, stiffness.*

В настоящее время востребованы одноэтажные легкие здания, в частности, склады, торгово-развлекательные комплексы, логистические узлы и др. Указанные здания имеют значительную протяженность в обо-

их направлениях, увеличенный шаг расстановки колонн и эффективное покрытие, включающее подстропильные и стропильные фермы из гнуто-сварных профилей, по которым уложен профилированный стальной настил.

Пространственная жесткость здания обеспечивается комплексным включением профилированного настила в совместную работу стального каркаса здания и жесткой заделкой колонн в фундаменте в обоих направлениях.

Проектирование новых конкурентно способных стальных конструкций типа комбинированных систем на современном уровне требует сокращения затрат труда и материалов. Этого можно достичь за счет совершенствования методов регулирования напряженно-деформированного состояния комбинированных металлических конструкций и усиления стальных каркасов, эксплуатируемых с учетом регулирования в них усилий.

Впервые в нашей стране рассматривать покрытие из профилированного стального настила в качестве сплошного диска покрытия конечной жесткости одноэтажных промышленных зданий предложил Э.Л. Айрумян. Результатом его исследований стали «Рекомендации по учету жесткости диафрагм из стального профилированного настила в покрытиях одноэтажных производственных зданий при горизонтальных нагрузках» [1], которые используются проектными организациями в настоящее время. В данной работе диафрагма из стального профилированного настила перераспределяет горизонтальные нагрузки между несущими конструкциями каркаса для дальнейшей их передачи на фундамент, т.е. выполняет функцию горизонтальных связей по покрытию.

В своей работе «Пространственная жесткость одноэтажных многопролетных легких зданий с применением профилированного настила с высотой гофр 153 мм» [2] Л.Р. Гимранов провел комплекс теоретических и экспериментальных исследований по обеспечению пространственной жесткости многопролетных легких зданий с использованием в покрытии профилированного настила с высотой гофр 153 мм. Были исследованы пути и предложены решения по включению профилированного настила в совместную работу с верхним поясом стропильных ферм, что позволяет увеличить его несущую способность.

Влияние изменения жесткости элементов статически неопределимой стержневой системы на перераспределение усилий в статически неопределенной системе достаточно подробно был исследован А. В. Перельмутером [3]. В работе показано, что изменение жесткости какого-либо стержня ведет к изменению усилий элементах системы.

В статье Гоголя М.В. и Бильского М.Р. «Расчетный метод регулирования усилий в статически неопределимых системах стальных конст-

рукций» [4] приведены результаты исследования нового метода регулирования напряженно-деформированного состояния статически неопределимых систем. В данной работе выведена единая расчетная модель комбинированных систем в виде балки на упругих опорах, в которой балка моделирует балку жесткости, а упругие опоры – систему подкрепления. Изменение жесткости участков или отдельных элементов статически неопределимой рамной системы существенно влияет на ее жесткость в целом, что необходимо учитывать при усилении каркасов зданий и сооружений.

Суть расчетного регулирования напряженно-деформированного состояния системы заключается в таком подборе геометрических параметров и жесткостных характеристик элементов системы, характера закреплений на опорах, которая позволит в ее деформированном состоянии получить желаемое распределение усилий.

В настоящей работе в качестве аналитической модели принято однопролетное здание с диском покрытия из стального профилированного настила. Профилированный стальной настил работает как изгибаемый элемент с промежуточными опорами в виде стропильных ферм и его расчетную схему, в первом приближении, целесообразно принимать в виде многопролетной неразрезной балки. Поскольку стропильные фермы деформируемы в вертикальном направлении, то и промежуточные опоры следует принимать податливыми.

Первым этапом работы является анализ работы многопролетной неразрезной балки с учетом податливости опор. Расчетная схема и общий вид эпюры моментов неразрезной балки с заданным смещением одной из опор представлены на рис. 1.

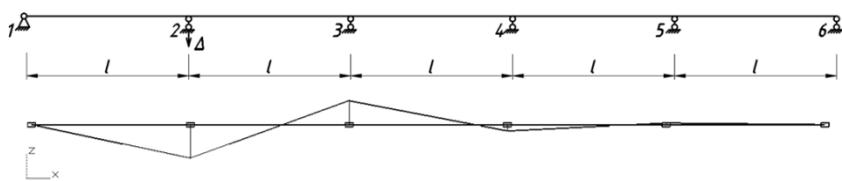


Рис. 1. Расчетная схема и общий вид эпюры моментов неразрезной балки с заданным смещением одной из опор

Вторым этапом работы является анализ реальной работы несущих элементов покрытия. Объектом исследования является склад готовой продукции расположенный в городе Переславль-Залесский Ярославской области. Каркас здания склада решен в виде ряда однопролетных рам, состоящих из колонн и плоских стропильных ферм. Колонны изготовлены из сварных двутавров постоянного сечения. Элементы ферм изготов-

лены из замкнутых гнутосварных профилей. Шаг рам – переменный (основной – 6,0 м), шаг стропильных ферм – 3,0 м.

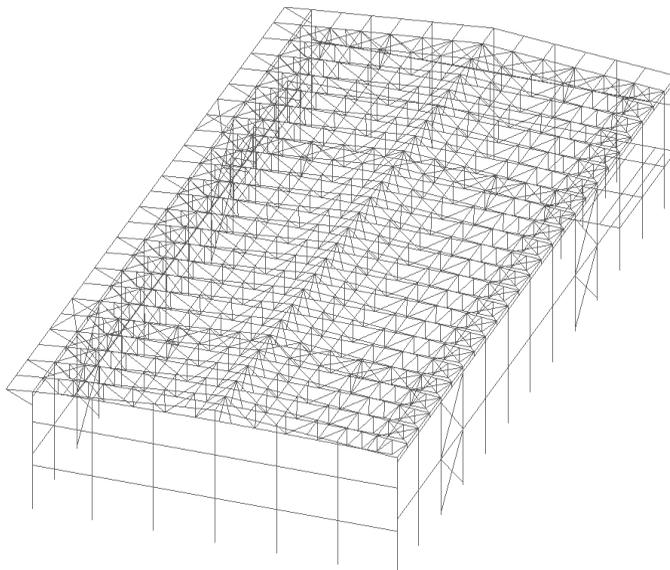


Рис. 2. Общий вид расчетной модели

Согласно принятой конструктивной расчетной схеме, к основным несущим конструкциям, отвечающим за общую устойчивость здания, относятся колонны по рядовым осям здания, вертикальные связи и распорки по этим колоннам. К несущим элементам, отвечающим за местную устойчивость, относятся элементы ферм покрытия, стальной профилированный настил, распорки по нижнему поясу ферм, торцевые колонны.

Расчет линейной задачи будет производиться в программно-вычислительном комплексе Scad Office. Общий вид расчетной модели склада представлен на рис. 2.

В данной работе стальной профилированный настил закрепляется на стропильные фермы, часть из которых опирается на колонны каркаса, а часть – на подстропильные балки. Таким образом, податливость опор будет отличаться. В местах расположения колонн, смещение опоры будет меньше, чем в местах опирания стропильных ферм на подстропильные балки. Расчетная схема и общий вид эпюры моментов для профилированного настила, представленного в виде неразрезной балки, показаны на рис. 3.

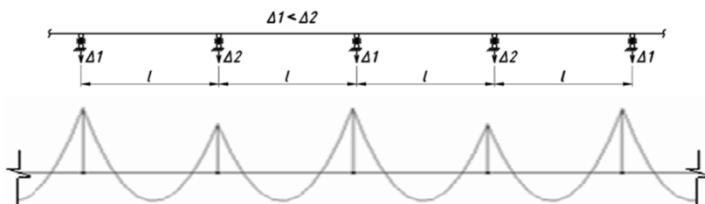


Рис. 3. Расчетная схема и эпюра моментов неразрезной балки покрытия

Как видно, перераспределение усилий в профилированном настиле зависит от жесткости промежуточных опор. Кроме того и сам настил, обладая определенной жесткостью, оказывает влияние на работу несущих элементов покрытия. На основании вышеизложенного, актуальными являются следующие задачи:

1. Анализ реальной работы профилированного стального настила в качестве несущего элемента покрытия;
2. Исследование действительного напряженно-деформированного состояния несущих элементов покрытия с учетом совместной работы отдельных его элементов;
3. Анализ влияния жесткости несущих элементов покрытия на распределение усилий в профилированном стальном настиле.
4. Поиск оптимального соотношения жесткостей несущих элементов покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по учету жесткости диафрагм из стального профилированного настила в покрытиях одноэтажных производственных зданий при горизонтальных нагрузках / ЦНИИпроектстальконструкция, 1980.
2. *Гимранов Л.В.* Пространственная жесткость одноэтажных многопролетных легких зданий с применением профилированного настила с высотой гофра 153 мм: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Казань, 2010, 178 с.
3. *Перельмутер А.В.* О влиянии изменения жесткостей на перераспределение усилий в статически неопределимой системе [Текст] / А.В. Перельмутер // Строительная механика и расчет сооружений. 1974. № 5. С. 64-67.
4. *Гоголь М.В.* Расчетный метод регулирования усилий в статически неопределимых системах стальных конструкций / М.В. Гоголь, М.Р. Бильский // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2011. № 39.

НЕЛИНЕЙНОСТЬ В РАБОТЕ КОНСТРУКЦИЙ. УЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ В РАСЧЕТАХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.С. Баряк, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Краткий обзор понятия нелинейный расчет конструкций. Выполнен анализ результатов расчета металлической фермы без учета и с учетом геометрической нелинейности в программном комплексе SCAD.

Ключевые слова: линейный расчет, геометрическая нелинейность, металлоемкость, деформации, напряжения.

THE NON-LINEARITY IN THE DESIGNS. THE ACCOUNT OF GEOMETRICAL NON-LINEARITY IN THE CALCULATION OF METAL CONSTRUCTIONS

D.S. Baryak, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A brief overview of the concept of non-linear structural analysis. We analyzed the results of the steel truss calculations disregarding and with regard to the geometric non-linearity in the SCAD software complex.

Keywords: linear analysis, geometric non-linearity, metal consumption, deformation, stress.

В настоящее время для приближения поведения расчетной модели здания к реальной его работе при эксплуатации инженерам приходится назначать элементам все новые, более сложные в вычислительном плане характеристики. Вызвано это необходимостью обеспечения безопасности на все периоды строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Из теории сопротивления материалов, в расчетах использую следующие допущения: материал заполняет полностью весь объем элемента, его физико-механические свойства одинаковы во всех точках и направлениях и материал является идеально упругим – после снятия нагрузки все деформации полностью исчезают. На самом же деле таких идеальных материалов не существует, следовательно, действительные перемещения и усилия будут отличаться от значений, полученных расчетом. Это явление называется физической нелинейностью

В строительной механике допускается, что до какого-то момента деформации в элементе зависят от внутренних усилий линейно и подчиняются закону Гука:

$$A\bar{S} = \bar{P},$$

где \bar{S} - матрица перемещений,

\bar{P} - матрица деформаций,

A - матрица уравнений равновесия.

Такой подход сильно упрощает расчеты, но дабы избежать катастрофических последствий, вызванных пренебрежением нелинейного поведения элемента, вводятся дополнительные коэффициенты надежности, что влечет за собой перерасход материала. Но даже такое решение не гарантирует стопроцентной надежности, ведь учесть абсолютно все воздействия и вызванные ими изменения в работе конструкции невозможно. Изменение расчетных схем в процессе возведения и эксплуатации сооружений называется конструктивной нелинейностью.

Прикладывая к конструкции покрытия снеговую нагрузку, мы не учитываем то, что снег выпадает не весь сразу. В действительности же часть снега ложится уже на деформированную схему, имеющую внутренние напряжения. Такое явление называется геометрической нелинейностью. Остановимся на ней подробнее.

В геометрически нелинейных задачах отсутствует прямая пропорциональность между нагрузками и перемещениями. На практике наибольшее распространение имеет случай больших перемещений при малых деформациях. Рассмотрим случай малых деформаций. В таком случае закон Гука принимает вид

$$A(\bar{Z})\bar{S} = \bar{P},$$

где \bar{Z} - вектор перемещений.

Для решения этой задачи в основном используются два метода: метод Ньютона-Рафсона – модифицированный итерационный метод и

шаговый метод. Первый метод подразумевает последовательное приближение к решению. Модифицированность его состоит в том, что «движение» к новому приближению делается по касательной к графику. Шаговые методы позволяют получать решение нелинейной задачи после каждого шага приращения нагрузки. Каждый шаг нагружения допускает ясную физическую интерпретацию. Поскольку приращение нагрузки считается достаточно малым, поведение конструкции на каждом шаге можно принять линейным. После выполнения шага нагружения формируется новая нелинейная составляющая матрицы жесткости и осуществляется следующее приращение нагрузки. Таким образом, нелинейное поведение конструкции полностью представляется в виде последовательности кусочно-линейных шагов. Так же допускается комбинирование вышеуказанных методов с целью ускорения и упрощения расчетов.

Приведем пример решения обычной задачи разными методами в программном комплексе SCAD. Для начала найдем перемещения без учета нелинейности. Для примера зададимся обычной, рамой с жесткими узлами, в которой верхний пояс имеет криволинейное очертание и состоит из трех элементов и приложим к ней вертикальную распределенную нагрузку в 10кН. В качестве элементов выбраны равнополочные уголки 160*14 (рис. 1). Все результаты перемещений получены в миллиметрах.



Рис. 1. Деформированная схема по результатам линейного расчета

Далее включим учет геометрической нелинейности в стержнях и выберем шаговый метод нагружения. Количество шагов примем равным десяти.



Рис. 2. Деформированная схема по результатам нелинейного расчета шаговым методом

Разница в результатах составляет приблизительно 30 процентов. Так же ситуация обстоит и с эпюрами внутренних усилий. Следовательно, подбирая сечение и материал для восприятия заданной нагрузки в первом случае мы получим большой перерасход материала, что существенно повышает стоимость данной конструкции.

Подводя итог можно сделать вывод о том, что учет геометрической нелинейности работы конструкций позволяет повысить надежность строительных конструкций и выявить дополнительные резервы несущей способности и сократить материалоемкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. 607 с.
2. Сухов М.Ф. Нелинейные задачи строительной механики [Текст]: учеб. пособие / М.Ф. Сухов, Д.А. Кожанов. Н.Новгород: ННГАСУ, 2017. 66 с.
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
4. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1).

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ, УСТРОЕННЫХ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

О.А. Вьюгина, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье отражается анализ вариантов расчета фундаментов, устроенных на слабых грунтах. Приведены варианты таких фундаментов и особенности их расчета.

Ключевые слова: *расчет фундамента, свайный фундамент, усиление грунтов, техногенный геомассив, щебеночные сваи, слабый грунт.*

ANALYSIS OF OPTIONS FOR CALCULATING THE FOUNDATIONS BUILT ON WEAK SOILS

O.A. V'yugina, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper reflects the analysis of options for calculating the foundations built on weak soils. The paper lists the variants of such foundations and the features of their calculation.

Keywords: *foundation calculation, piled foundation, soil strengthening, technogenic geomass, crushed stone piles, weak soil.*

В ходе строительства зданий и сооружений может возникнуть проблема слабого грунта. При строительстве зданий и сооружений на слабых грунтовых основаниях применяются следующие основные методы:

1 Свайные фундаменты – применяют при наличии в верхней зоне грунтов основания слабых грунтов, когда возникает необходимость передачи нагрузки от сооружения на более плотные грунты, залегающие в данном случае на некоторой, иногда значительной глубине.

2 Усиление грунтов основания при строительстве на площадке с плохими инженерно-геологическими условиями для преобразования их физико-механических свойств (повышения несущей способности и снижения деформативности). Существуют следующие методы усиления грунтов:

2.1 Физические (термическое закрепление, замораживание, оттаивание, электроосмос, замачивание, понижение уровня грунтовых вод);

2.2 Механические (уплотнение, использование волокнистых материалов, укрепление набивными сваями);

2.3 Химические (силикатизация, смолизация, струйная цементация, битумизация).

Одним из способов усиления грунтов основания является применение щебеночных свай. Технология устройства щебеночных свай применяется для увеличения несущей способности грунтов основания, предотвращения возможной потери устойчивости основания, уменьшения деформаций, за счёт этого снижается деформативность и уменьшается напряженно-деформированное состояние надфундаментных конструкций здания.

За счет локального уплотнения основания щебеночными сваями повышается его прочность, уменьшается осадка и её неравномерность, расчетную нагрузку на грунт основания можно передать при меньших размерах плиты фундамента и тем самым значительно (до 50 %) уменьшить материалоемкость и стоимость фундаментов за счёт уменьшения объёма железобетона и земляных работ, сокращение времени возведения фундаментов. Так как основной процесс ведется в массиве грунта, работы могут осуществляться в стесненных условиях. Применение данной технологии способствуют быстрому строительству насыпи, не дожидаясь консолидации грунтов основания (длительной стабилизации их деформаций в глинистых грунтах); исключает общую потерю устойчивости основания. Усиление грунтов щебеночными сваями дает возможность устройства фундаментов непосредственно по грунту, без необходимости устройства свайных фундаментов.

Сооружение и его основание должны рассматриваться совместно, т.е. должно учитываться взаимодействие сооружения со сжимаемым основанием.

Щебеночные сваи не являются отдельно несущим элементом, как например сваи, выполненные из бетона. При устройстве щебеночных свай происходит увеличение прочностных характеристик массива грунта, в пределах которого выполняется усиление, вследствие чего значительно увеличивается его несущая способность и устойчивость.

Щебеночные сваи воспринимают нагрузку совместно с окружающим ее уплотненным грунтом, так как при устройстве сжимаемость свай незначительно отличается от сжимаемости уплотненного окружающего грунта. Распределение давления между щебеночными сваями и окружающим грунтом обратно пропорционально коэффициенту их сжимаемости.

Расчет фундаментов сооружения на техногенном геомассиве из щебеночных свай следует производить как фундаментов на естественном основании с улучшенными свойствами (большая прочность, жесткость и меньшая деформативность), за счет наличия щебеночных свай, согласно СНБ 5.01.01 и [5, п.5.6— 5.11] по двум группам предельных состояний.

Мера улучшения свойств (величина повышения прочности, жесткости и уменьшения деформативности) основания определяется в каждом случае конкретно и зависит от вида грунта, и применяемой технологии возведения.

Несущая способность и деформативность грунта техногенного геомассива из щебеночных свай определяется расчетом и по результатам испытаний грунтов на строительной площадке.

Расчетом:

1. по несущей способности;
2. по деформациям;

По результатам испытаний грунтов на строительной площадке:

1. по несущей способности — по результатам прямых испытаний опытных фундаментов или их фрагментов статической нагрузкой или статическим испытанием штампом щебеночных свай и окружающего грунта;
2. по деформациям — аналогично, до достижения предельных осадок.

Основным расчетом возведения техногенного геомассива из щебеночных свай является расчет по второму предельному состоянию (по деформациям).

Осадку (S_g), м, фундамента сооружения техногенного геомассива из щебеночных свай следует вычислять методом послойного суммирования в соответствии с рис. 1.

При усилении грунтов щебеночными сваями необходимо выполнить расчеты прочностных характеристик, модуля деформаций, устойчивости и времени консолидации с использованием как зарубежных (Европейский нормативный документ DIN EN 14731.2005 “Выполнение специ-

альных геотехнических работ – Укрепление грунта путем глубинной вибрации, [5]), так и нормативных методов Российской Федерации.

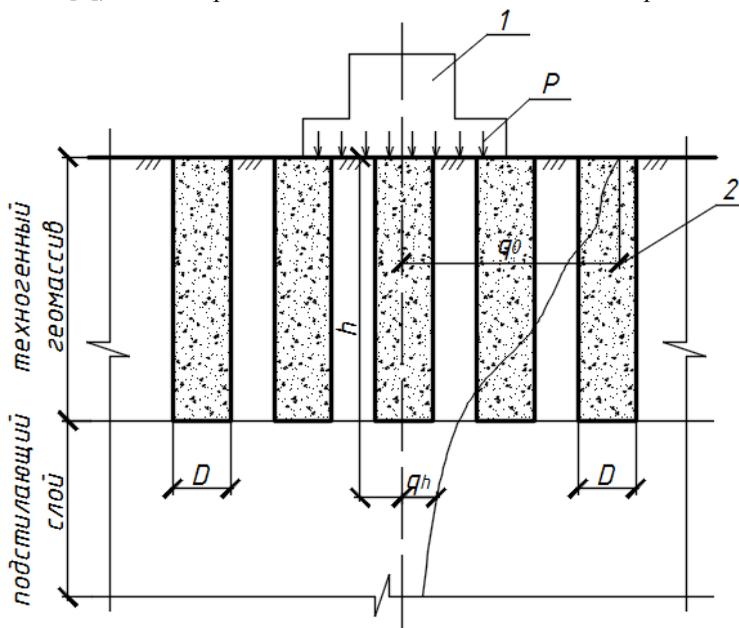


Рис. 1. Схема к расчету осадок фундаментов на техногенных геомассивах из щебеночных свай:

1 – фундамент; 2 – щебеночные сваи;

D – диаметр щебеночных свай; h – расстояние от поверхности техногенного геомассива до рассматриваемого слоя грунта;

q_0 – q_0 – напряжение (давление) по поверхности техногенного геомассива под подошвой фундамента; q_h – q_h – среднее напряжение в пределах рассматриваемого слоя техногенного геомассива

Для расчета деформаций, устойчивости и времени консолидации могут использоваться нормативные методики расчета Российской Федерации [2,3,4], а также современные программные комплексы с использованием метода конечных элементов.

Изменение свойств грунта достигается путем изменения модуля деформации, который в расчете учитывается, как эквивалентный модуль деформации ($E_э$), и зависит от объемной доли щебеночных свай в техногенном геомассиве и от модулей деформации грунта и материала тела щебеночной сваи. Окончательно эквивалентный модуль деформации

следует принимать с учетом поверхностного виброуплотнения техногенного геомассива виброкатком после устройства щебеночных свай.

Общее количество щебеночных свай, необходимых для требуемого уплотнения (улучшения строительных свойств) слабых грунтов рекомендуется определять из условия равенства действующих на основание воспринимаемых сваями и слабым грунтом сил.

В дальнейшей работе необходимо проанализировать влияние изменения свойств грунта (увеличение прочности, жесткости и уменьшение деформативности) при устройстве щебеночных свай на деформативность надфундаментных конструкций и их напряженно-деформированное состояние. Также следует оценить эффективность применения устройства щебеночных свай, как способа усиления грунтов основания, в различных грунтовых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменением № 1).
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
3. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83).
5. 6-2000 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство техногенных геомассивов из песчано-гравийных и щебеночных свай.

УДК 517.925

ВИДЫ УСИЛЕНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.В. Захаров, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются способы усиления железобетонных изгибаемых элементов. Приводится анализ эффективности и применимости методов усиления при реконструкции объектов строительства.

Ключевые слова: композитные материалы, изгибаемые железобетонные элементы, усиление, обойма, рубашка, наращивание.

THE TYPES OF STRENGTHENING OF FLEXIBLE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

D.V. Zakharov, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the methods of strengthening flexible reinforced concrete elements. An analysis is conducted to determine the efficiency and applicability of methods of strengthening at reconstruction of construction objects.

Keywords: composite materials, flexible reinforced concrete elements, reinforcement, confining element, jacket, extension.

Железобетонные конструкции получили массовое применение в строительстве во второй половине XX века. К настоящему моменту истекает срок службы все большего количества объектов выполненных с применением железобетона. Все это время изменяются нормы по нагрузкам и воздействиям, к зданиям применяются все более жесткие требования по безопасности. И даже для зданий, срок службы которых еще не истек, частым стало появление повреждений строительных конструкций, уменьшающих прочность, долговечность и эксплуатационную надежность всего сооружения. Повреждения являются следствием различных

факторов: нарушений, допущенных при инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства, проектировании сооружения, изготовлении строительных материалов и деталей, производстве строительного-монтажных работ, эксплуатации. Кроме того, причиной появления повреждений являются экстремальные ситуации (аварии, пожары и т.п.).

Правильное и современное усиление строительных конструкций позволяет резко снизить затраты на реконструкцию, увеличить срок службы сооружения или предотвратить аварии и обрушения [1, 2].

Наиболее сложным является вопрос усиления изгибаемых железобетонных конструкций. На практике усиление подобных конструкций проектируют при помощи различных композитных материалов, железобетона или металла.

В настоящее время при усилении изгибаемых железобетонных элементов используют такие виды усиления, как:

- усиление устройством обойм, рубашек и наращиванием;
- усиление шпренгелями и затяжками;
- усиление оклейкой композитными материалами.

Рассмотрим подробнее эти виды усиления.

Усиление железобетонных элементов с помощью обойм, рубашек или односторонних наращиваний при одновременном добавочном армировании получило популярность в России и за рубежом [3].

Конструкция обойм состоит из арматуры и тонкого бетонного защитного слоя, обволакивающего усиливаемый элемент. Продольная рабочая арматура обойм определяется расчетом и служит для усиления конструкции в растянутых зонах. Кроме продольной арматуры, устанавливаются замкнутые хомуты, конструктивного с предельным шагом [3]. Обоймы устраиваются всесторонними, замкнутыми, благодаря чему они обхватывают усиливаемый элемент со всех сторон. Обоймы плотно зажимают элемент, увеличивая надежность связи, и работают с усиливаемой конструкцией как единое целое.

Конструкции рубашек представляют собой трехсторонние наращивания из железобетона. Они армируются поперечной и продольной арматурой, часть которой является рабочей, а часть ставится конструктивно. Рабочая арматура рубашек определяется по расчету и устанавливается в растянутой зоне конструкции. Поперечная арматура рубашек выполнена в виде отдельных хомутов.

Суть устройства наращиваний состоит во введении дополнительной продольной и поперечной арматуры с дальнейшим ее обетонированием, что увеличивает высоту или ширину существующего сечения. Для приваривания дополнительной арматуры к существующему сечению

элемента вскрывается защитный слой бетона вплоть до существующей арматуры конструкции[3].

Данные способы усиления не требуют значительных затрат материалов, несущественно увеличивают размеры сечений и обладают органической идентичностью с железобетонными конструкциями, однако им присуща существенная трудоемкость при выполнении работ, неизбежность мокрых процессов и, в большинстве случаев, невысокая эффективность усиления. Выполнение такого рода конструкций усиления связано с необходимостью обеспечения адгезии старого и нового бетона, в результате от надежности и прочности этой связи зависит действительность осуществляемого реконструктивного мероприятия по созданию составного сечения элемента из бетона двух разных возрастов.

При устройстве предварительно напряжённых затяжек усиливаемые элементы изменяют свою первоначальную конструктивную схему вследствие того, что обращаются в комбинированные системы. Благодаря этому обычные изгибаемые элементы становятся внецентренно сжатыми, причем на их опорах создаются дополнительные изгибающие моменты, которые в свою очередь влияют на первоначальные пролетные моменты. Предварительно нажатые затяжки усиления состоят из нескольких составных конструктивных элементов – тяжей, опорных анкеров, натяжного приспособления и подкладок, причем последние нужны только при шпренгельных и комбинированных затяжках.[3].

При выборе типа затяжек необходимо учитывать следующие рекомендации:

- горизонтальные затяжки предпочтительнее в том случае, когда процент нарастания изгибающего момента в элементе после его усиления больше соответствующего процента возрастания поперечных сил;

- шпренгельные затяжки выбираются, если после усиления элемента процент нарастания поперечных сил превышает процент увеличивающегося изгибающего момента;

- комбинированные затяжки применяются тогда, когда изменение изгибающих моментов и поперечных сил происходит в одинаковом или близком процентном отношении.

В большинстве случаев усиление введением дополнительных стальных конструкций усиления видится более предпочтительным, чем устройство наращиваний из железобетона. Это обуславливается возможностью изготавливать конструкции на стороне, а затем только монтировать их на месте, простота конструкций усиления и возможностью быстро включать их в надежную совместную работу с усиливаемым железобетонным элементом путем создания предварительного напряжения. При этом подобные конструкции могут иметь значительные габариты и существенно уменьшать объем помещений. А главная сложность заключается

в существенном изменении напряженно-деформированного состояния усиливаемой конструкции, т.е. в необходимости сложного расчетного обоснования и четкого контроля напряженно-деформированного состояния конструкций при производстве работ.

Композиционные материалы для внешнего армирования дорожостоящи, но в ряде случаев они просто не имеют альтернативы – по показателям прочности и деформативности. Например, углеволокно по этим характеристикам в два и более раза превосходит сталь. Усиление рядовых конструкций с применением технологии внешнего армирования должно быть обосновано экономически. Наибольшее распространение в строительстве на сегодняшний день получили стеклопластики, как наиболее дешевые композиционные материалы. Главный недостаток стеклянных волокон – сравнительно большая плотность и низкий модуль упругости [4]. Перспективной областью применения элементов внешнего армирования из композиционных материалов являются предварительно напряженные элементы. Предварительное напряжение элементов внешнего армирования значительно повышает его эффективность и сферы его применения.

Перспективным для усиления изгибаемых железобетонных элементов является применение композиционных материалов на основе углеволокна. На ряду с низкой плотностью, оно обладает высокой прочностью на растяжение и модулем упругости, не подвержено коррозии, способно воспринимать многократно повторяющиеся нагрузки. Усиление материалами на основе углеволокна отличается технологической простотой. При существенных достоинствах, материалы на основе углеволокна обладают и рядом недостатков [6]. К ним следует отнести высокую стоимость материалов, низкий показатель сопротивления, воздействию высоких температур, токсичность эпоксидных клеев и необходимость обеспечения требуемого температурно-влажностного режима в месте проведения работ и ряд других факторов. Кроме того, сложностью применения композиционных материалов при усилении строительных конструкций является нехватка нормативно закрепленных расчетных методик. В настоящий момент проводятся многочисленные исследования различных способов усиления композиционными материалами и формируется нормативная база.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клюев С.В.* Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеволокном / С.В. Клюев, Ю.В. Гурьянов // Инженерно-строительный журнал, 2013. № 1. С. 21–26.

2. *Польской П.П.* Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений / П.П. Польской, Д.Р. Маилян // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 (ч. 2).
3. *Онуфриев Н.М.* Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. М.: Изд-во Стройиздат, 1965. 342 с.
4. Усиление железобетонных конструкций с применением полимерных композитов / Д.В. Курлапов, А.С. Куваев, А.В. Родионов, Р.М. Валеев // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3.
5. *Шилин А.А.* Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. М.: Изд-во Стройиздат, 2007. С. 87-95.
6. *Лыгин А.Е.* Методы обеспечения огнезащиты конструкций из полимерных композиционных материалов / А.Е. Лыгин, Г.Н. Голубь // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сборник материалов конференции. Ярославль, 2017. С. 542-545.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ КАРКАСЕ

И.А. Майер, Н.М. Отекин, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Целью работы является исследование влияния жесткости элементов монолитного железобетонного каркаса на распределение усилий, с помощью которых, можно выполнить работу по подбору оптимальных сечений основных несущих элементов, отвечающим не только прочностным, экономически выгодным критериям, но и критериям безопасности.

Ключевые слова: Монолитный железобетонный каркас; безбалочная монолитная плита; плита со скрытым ригелем, плита с ригелем; различного сечения, распределение усилий, армирование.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF HARDNESS OF INDIVIDUAL ELEMENTS ON THE REDISTRIBUTION OF EFFORTS IN THE MONOLITHIC REINFORCED CARBON

I.A. Mayer, N.M. Otekin, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The aim of the work is to study the effect of the rigidity of the elements of the monolithic reinforced concrete frame on the distribution of efforts, with which you can perform work on the selection of optimal sections of the main bearing elements that meet not only strength, cost-effective criteria, but also safety criteria.

Keywords: Monolithic reinforced concrete frame; non-beam monolithic plate; slab with hidden bolt; plate with bolt, of different sections; distribution of effort; reinforcement.

Несущую систему монолитного каркасного здания образуют, в основном, перекрытия, колонны и фундаменты. Перекрытия совместно с колоннами представляют собой своеобразные рамные конструкции, способные воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Перекрытия монолитных каркасных зданий чаще всего выполняют плоскими сплошными. Такое решение является предпочтительным с позиции требований архитектуры и технологии строительства. Толщина перекрытия назначается из условия необходимой прочности при продавливании и жесткости. Если прочность перекрытия при продавливании недостаточна, необходима устройство густого поперечного армирования в зоне продавливания плиты колонной, либо устройства местного утолщения плиты.

При увеличении пролетов возникает необходимость в повышении прочности перекрытий при изгибе и при продавливании, а также их жесткости без чрезмерного расхода бетона. В этом случае могут применять различные виды эффективных конструкций перекрытий: кессонные, пустотные, ребристые с балочными плитами, ребристые с контурными ребрами.

Для конструирования элементов здания необходимо определить значения действующих в них усилий, выполнив расчет несущей системы здания при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок.

В настоящее время расчеты несущей системы здания чаще всего производят методом конечных элементов. Расчетная схема, моделирующая здание в целом, позволяет учесть совместную работу надземных конструкций с деформируемым основанием и другие особенности действительной работы сооружения. В частности, изменение жесткости отдельных элементов, может повлиять на перераспределение усилий, в элементах каркаса в целом. Анализ этих явлений, стал предметом настоящего исследования.

В работе рассматривалась упрощенная одноэтажная многопролетная модель с периодическим шагом колонн – 6 м (сечения от 300x300 мм до 500x500 мм), толщиной плит от 150 мм до 300 мм и высотой этажа 5 м, прикладывались нагрузки действующие от собственного веса, а также временная равномерно-распределенная – 1 т/м^2 [1].

Было исследовано несколько конструктивных моделей плит перекрытия:

- 1) безбалочная монолитная плита;
- 2) плита со скрытым ригелем;
- 3) плита с ригелем, различного сечения.

При проведении исследований во всех вариантах моделей деформации перекрытий не превышали допустимых значений.

При моделировании схемы с безригельным перекрытием стало видно равномерное распределение усилий в плитах, за исключением плит сечением 150 и 180 мм, где происходит резкое увеличение поперечной силы, за счет увеличения жесткости колонн.

Усилия в колоннах распределяются по ветви параболы, за исключением усилий, которые возникают при плите толщиной 300 мм, там усилия распределяются прямолинейно, за счет жесткостных характеристик плиты.

Зависимость армирования конструкций происходит по нисходящей ветви параболы. В свою очередь сочетания: плит толщиной 300 мм и колонн сечением от 400x400 мм до 450x450 мм, и при колонне 500x500 мм при любой толщине плиты дает нам возможность производить армирование в колоннах конструктивно.

Для задания скрытого ригеля, использовались оболочные элементы, шириной равные габаритам колонн с увеличенным, приведенным модулем упругости, рассчитанным как для железобетонного элемента с максимальным процентом армирования [5].

Анализ результатов подбора арматуры для схемы со скрытыми ригелями показал незначительное влияние жесткости ригеля на перераспределение усилий в плитах и конечное армирование. В большей степени применение скрытого ригеля обоснованно, технологичностью постановки поперечного армирования, для обеспечения прочности при продавливании.

Для дальнейших исследований жесткость ригелей была повышена путем увеличения высоты его сечения.

Для моделирования ригелей, использовались оболочные элементы шириной равные габаритам колонн и различной высотой сечения. Верхние грани плиты и ригеля совмещались в одной плоскости, а сами элементы закреплялись при помощи жестких вставок. Моделировали плиту сечением толщиной 180 мм и ригель высотой сечения от 200 до 400 мм.

При увеличении момента инерции ригеля, за счет увеличения высоты сечения, происходит значительное перераспределение усилий в плитах.

Так, при колоннах сечением 400x400 мм нижнее армирование плит с ригелем уменьшается более чем в 2 раза, а армирование в поперечном направлении исчезает.

При увеличении высоты ригеля более 275 мм, эффект концентрации поперечных сил в плите в зоне опирания на колонну исчезает, и поперечная сила перераспределяется вдоль ригелей.

На основе произведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При безригельном варианте перекрытия в колоннах сечением от 450x450 мм и больше арматура назначается конструктивно, оптимальным к использованию в подобных схемах является сечение колонн от 300x300 до 400x400 мм;

2. При анализе армирования плиты для безригельной схемы и схемы со скрытым ригелем, стало понятно, что устройство последнего необходимо, технологичностью постановки поперечного армирования, для обеспечения прочности при продавливании.

3. При повышении жесткости ригеля, за счет увеличения высоты сечения, происходит значительное перераспределение усилий в плитах. Так, при увеличении высоты ригеля до полутора толщин плиты, происходит уменьшение потребности арматуры в плитах до 50 %. Кроме того, происходит увеличение перекрытия в целом без существенного дополнительного расхода бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство», 2017. 95 с.
2. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий // Госстрой России. М., 2007. 18 с.
3. СП 52-117-2008 Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Часть 1. НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ФГУП «НИЦ «Строительство», 2008. 150 с.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП52-01-2003НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство», 2012. 156 с.
5. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями/ НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР, Центр, н.-и. и проект.-эксперим. ин-т пром. зданий и сооружений Госстроя СССР, Урал, проект, и н.-и. ин-т Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1979. 63 с.
6. ПОСОБИЕ по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). // ЦНИИ промзданий, НИИЖБ. М.: ОАО " ЦНИИ промзданий", 2005. 214 с.
7. *Байков В.Н.* Железобетонные конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. 4-е изд., перераб. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗДАНИЯХ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

Н.М. Отекин, И.А. Майер, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Выполнен расчет и анализ напряженно-деформированного состояния подкрановых балок от воздействия мостового крана грузоподъемностью 50 т и режимом работы 6К.

***Ключевые слова:** подкрановые балки, мостовой кран, напряженно-деформированное состояние.*

ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF CRANE STRUCTURES IN BUILDINGS WITH STEEL FRAME

N.M. Otekin, I.A. Maier, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the results of the calculation and analysis of the stress-strain state of the crane runway beams from the impact of a bridge crane with a lifting capacity of 50 tons and 6K operating mode.

***Keywords:** crane runway beams, bridge crane, stress-strain state.*

Балки являются основным конструктивным элементом, работающим на изгиб и кручение. Их широко применяют в строительстве общественных и, особенно промышленных зданиях, мостах, либо эстакадах, в виде подкрановых конструкций в зданиях, различных затворов и шлюзов в гидротехнических сооружениях. Широкое распространение балок обуславливается тем, что они просты в изготовлении и надежны в период эксплуатации. Согласно этим требованиям чаще всего используют одно-

пролетные, разрезные балки, так как они наиболее удобны для монтажа и нечувствительны к осадке опор. Однако они уступают неразрезным и консольным балкам по расходу металла.

В наиболее сложных условиях работают балки крановых путей, поскольку они воспринимают большое число знакопеременных вертикальных и горизонтальных динамических нагрузок. Наряду с этим, общая несимметричность сечения обуславливает сложное напряженно-деформированное состояние конструкции и возможное несоответствие расчетной схемы реальной схеме работы конструкции.

Подкрановые балки воспринимают вертикальные нагрузки от действия кранов, поперечные горизонтальные воздействия, которые условно воспринимаются тормозными конструкциями. Однако, нельзя не учитывать, что подкрановая балка работает совместно с тормозной конструкцией.

Вертикальная крановая нагрузка, которая может быть приложена в любой точке балки, вызывает сложное напряженное состояние в стенке при высоком уровне напряжений.

Вследствие внецентренно приложенной нагрузки и поперечных горизонтальных сил, которые приложены в уровне головки кранового рельса, на верхний пояс балки будет действовать крутящий момент, который вызывает изгиб стенки. Динамический характер крановых нагрузок, который сопровождается ударами и рывками, приводит к дополнительным повреждениям балки и ослабления узлов ее крепления, что нарушает нормальную эксплуатацию.

Основными повреждениями подкрановых конструкций являются трещины в поясных швах, повреждения швов крепления тормозных конструкций к балкам, преждевременному появлению этих повреждений способствует различные факторы, такие как дефекты при изготовлении или монтаже, качество сварки, точность монтажа рельса и самой балки.

Именно поэтому в данной работе стоит задачасоставления данных, полученных в результате теоритического расчета конструкции, с помощью упрощенных прикладных расчетных схем, с результатами расчета модели подкрановой балки в программно-вычислительном комплексе SCAD.

Для определения нагрузок, действующих на балку, выбран опорный мостовой кран грузоподъемностью 50 тонн и режимом работы 6К.

В ходе расчета и подбора подкрановой балки для двух мостовых кранов, были проведены следующие вычисления: подбор сечения балки, выполнены проверки прочности и жесткости конструкции, местной устойчивости поясов, первого и среднего отсеков стенки балки, расчет

сварных соединений стенки с верхним и нижним поясами конструкции, расчет опорного ребра.

Для полного анализа и наблюдения распределения напряжений по элементам балки, она моделируется в программно-вычислительном комплексе SCAD. Все элементы модели заданы из оболочечных элементов по введенным ранее узлам и разбиваются дроблением каждой из сторон на 6 частей по высоте. После этого производится загрузка балки – собственным весом, крановой, ветровой нагрузками, определенными в соответствии с [2], при этом каждый тип нагрузки сохраняется как новое нагружение с соответствующими коэффициентами надежности по нагрузке. Крановые нагрузки приложены в наиболее невыгодном положении для отдельных расчетных ситуаций. Все нагрузки прикладывались в уровне головки кранового рельса, таким образом, при заданных горизонтальных нагрузках учитывался изгибающий момент, который равняется произведению приложенной силы на высоту рельса.

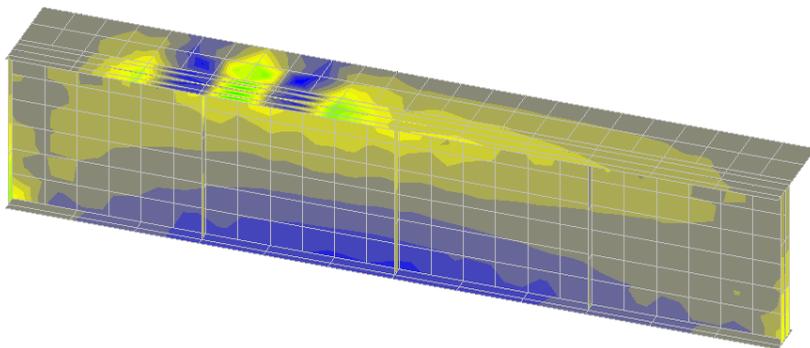


Рис. 1. Математическая модель подкрановой балки

В целом, данные, полученные при проведении теоретического расчета и результатами анализа математической модели, запрограммированной в комплексе SCAD оказались сопоставимы (погрешность в пределах 8%). На рис. 2 представлена диаграмма сравнения напряжений различных элементов балки.

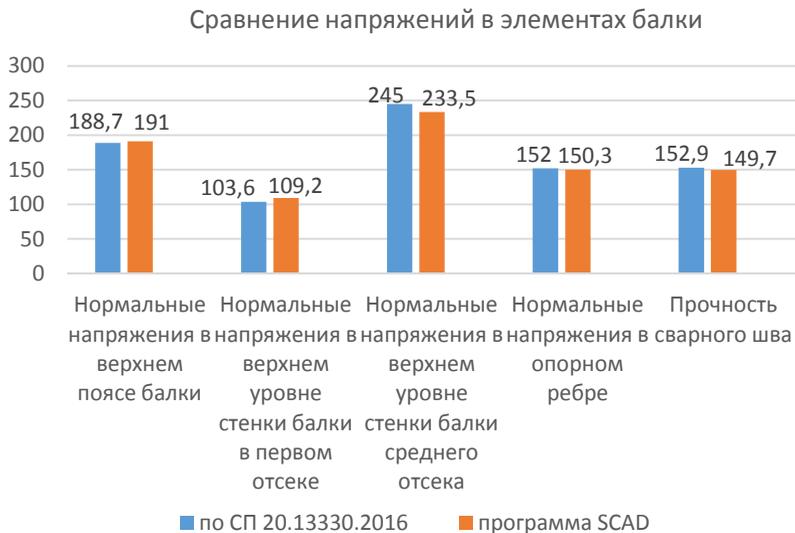


Рис. 2. Диаграмма распределения напряжений по элементам подкрановой конструкции

Таким образом, можно сделать выводы о том, что математическая модель, полученная с применением программно-вычислительного комплекса, позволяет определить напряженно-деформированное состояние элементов балки в любой точке при произвольном приложении крановых нагрузок, что позволяет оптимизировать принятые ранее конструктивные решения и сечения отдельных элементов конструкции с целью повышения надежности и долговечности конструкции в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Порываев И.* Моделирование узлов металлического каркаса в сфере SCAD / И. Порываев, М. Сафиуллин // *Архитектура и строительство.* 2012. № 5. С. 92-93.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1).
4. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Под ред. Е.И. Беленя. 6-е издание. М.: Стройиздат, 1985. 560 с.

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В.И. Черник, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается актуальность использования полимерных композитных материалов в качестве системы внешнего армирования в современных экономических условиях. Приводится анализ научно-технической документации по теме усиления железобетонных конструкций композитными материалами. Указываются возможные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: усиление железобетонных конструкций, композитные материалы, экспериментальные исследования, начальное напряженно-деформированное состояние, программный комплекс ANSYS.

STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

V.I. Chernik, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – **G.N. Golub'**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the relevance of using polymer composite materials as an external reinforcement system in modern economic conditions. It presents the analysis of scientific and technical documentation on the topic of strengthening of reinforced concrete structures with composite materials. It also indicates possible areas for further research.

Keywords: strengthening of reinforced concrete structures, composite materials, experimental studies, initial stress-strain state, ANSYS software package.

1. Актуальность темы

На сегодняшний день социально-экономические и административные барьеры являются сдерживающим фактором роста объемов нового строительства. Поэтому в современных экономических условиях особую

важность приобретают вопросы, связанные с реконструкцией и восстановлением существующего жилищного фонда и промышленных предприятий.

Среди строительных конструкций, подлежащих усилению при проведении реконструкции, очевидно преобладание железобетонных, как следствие их бурного развития и повсеместного внедрения в предшествующие годы. Причинами, вызывающими необходимость проведения усиления и восстановления железобетонных конструкций, является не только их физический износ, но и техническое перевооружение существующих предприятий, связанное с увеличением эксплуатационных нагрузок на перекрытия, увеличением перекрываемых пролетов, надстройкой дополнительных этажей и т.д.

Современная тенденция к строительству уникальных с точки зрения объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, в частности в монолитном домостроении, неизбежно ведет к возникновению ошибок на стадии проектирования и возведения. В свою очередь это приводит к необходимости усиления конструкций порой еще не введенного в эксплуатацию объекта.

Так же не мало важными вопросами являются сохранение эстетически приемлемого вида усиливаемой конструкции, возможность проведения работ без снятия нагрузки с усиливаемого элемента, обеспечение непрерывности технологического процесса предприятия при проведении работ по усилению и восстановлению конструкции.

Наиболее полно удовлетворить данным требованиям позволяет использование полимерных композитных материалов в качестве системы внешнего армирования. Малый вес, высокие прочностные и деформативные характеристики, простота в транспортировке и монтаже, возможность использования в стесненных условиях, отсутствие необходимости в применении специальных приспособлений и подъемно-транспортного оборудования являются важными факторами при выборе данного способа.

Использование композитных материалов при усилении железобетонных конструкций предполагает целый комплекс мероприятий по восстановлению сечения и защитного слоя элемента, удалению продуктов коррозии и остановке ее дальнейшего развития, обеспечению защиты конструкции от вредного воздействия внешней среды, а также огнезащите.

При очевидных преимуществах применения композитных материалов, этот способ не лишен недостатков. Наиболее существенными являются сравнительно высокая стоимость системы усиления, низкая тепло- и огнестойкость, необходимость тщательной подготовки поверхности конструкции и контроль ее прочности, высокие требования к квалификации рабочих.

Таким образом, решающим критерием при выборе технологии с использованием композитных материалов является ее технико-экономическое сравнение с другими вариантами усиления.

2. Текущее состояние вопроса

В настоящий момент опубликовано достаточно много работ связанных с усилением железобетонных конструкций композитными материалами. Из них подавляющее большинство посвящены вопросам усиления изгибаемых элементов.

В работе [1] приводятся результаты натурных исследований железобетонных балок, усиленных внешним композитным армированием. Дается оценка повышения несущей способности по сравнению с контрольными не усиленными образцами. Удалось установить, что схемы разрушения балок, усиленных различными способами, существенно отличаются друг от друга. В то же время определено, что несущая способность железобетонных элементов, усиленных композитным армированием, определяется в основном прочностью сцепления адгезива с бетоном конструкции, а разрушение происходит по контактному клеевому шву.

В свою очередь, вопросу усиления сжатых и сжато-изогнутых элементов уделено значительно меньше внимания. В основном, как и в случае с изгибаемыми конструкциями, в этих работах приводится информация об экспериментальных исследованиях железобетонных конструкций, усиленных полимерными композитными материалами.

Интересны результаты исследования образцов в виде бетонных призм, усиленных обоймой из композитного материала [2]. Показано увеличение несущей способности за счет возникновения трехосного напряженно-деформированного состояния (НДС). Продемонстрировано снижение эффекта усиления при увеличении числа наклеенных слоев углеродных лент.

В исследовании [3] приводится анализ данных натурных испытаний железобетонных колонн, имеющих различные схемы усиления. Дано сравнение эффективности усиления сжатых и внецентренно-сжатых элементов при устройстве внешнего армирования в виде обоймы и в виде ламелей, расположенных в продольном направлении, а также комбинации этих способов.

Там же отмечается, что в большинстве публикаций по теме усиления железобетонных конструкций композитными материалами дают только общее представление, а описанные методики расчета по методу предельных состояний даны без должного обоснования. Прослеживается отсутствие полной и систематизированной информации о проведенных экспериментальных исследованиях, обобщающей накопленный по данной проблеме опыт. А также не всегда корректное распространение ре-

зультатов экспериментов, полученных на основании определенных схем усиления, на случаи, далеко выходящие за рамки проведенных испытаний.

Были предприняты попытки сравнения данных полученных на основании натуральных статических испытаний железобетонной балки, усиленной композитным материалом с результатами расчета конечно-элементной модели, составленной в программном комплексе ANSYS [4]. При этом не приводится сравнительный анализ поведения конструкции в стадиях работы предшествующих предельной. Не сделаны общие выводы о корректности использования, приведенной КЭ-модели при рассмотрении похожих конструкций и области применения этих выводов.

В работе [5] анализируются отдельные особенности методики расчета колонн, усиленных композитными материалами. Рассматриваются вопросы, связанные с учетом направления наклейки композитного материала, формы сечения колонны, типа обоймы (сплошная или разреженная), эксцентриситета продольных сил.

Также на характер работы внецентренно-сжатых колонн будут во многом влиять деформации ползучести, возникающие в системе внешнего композитного усиления. Так, в статье [1] отмечается, что современные методы расчета железобетонных конструкций, усиленных композитным армированием, лишь косвенно учитывают сцепление композитного материала с бетоном и наличие сдвиговых деформаций в слое адгезива путем введения соответствующего коэффициента условий работы.

Во многих работах указывается на необходимость учета начального НДС, поскольку реальные конструкции при устройстве системы внешнего усиления чаще всего полностью разгрузить не удастся. В исследовании [3] показывается снижение эффекта усиления железобетонной балки, находящейся под нагрузкой, что обосновывается наличием начальных деформаций и нормальных трещин в усиливаемом элементе. В соответствующих нормативных документах приводятся методики учета начального НДС, которые предусматривают снижение расчетного сопротивления композитного материала.

3. Предмет исследования

В рамках научно-исследовательской работы предполагается исследование поведения сжато-изгибаемых железобетонных элементов, усиленных полимерными композитными материалами.

Планируется проведение ряда натуральных испытаний, внецентренно нагруженных железобетонных образцов с внешним композитным армированием при различных схемах усиления. Предполагается усиление путем устройства обоймы из углеродных холстов, как сплошной, так и разреженной; введение продольного армирования в виде ламелей, а также

путем комбинации указанных способов. Для создания условий, наиболее приближенных к работе реальной конструкции, при проведении испытаний необходимо создание начального НДС.

Далее планируется разработка конечно-элементной модели конструкции в программном комплексе ANSYS и последующая ее верификация на основании полученных экспериментальных данных. Посредством составленной расчетной модели предполагается обобщение сделанных при проведении эксперимента выводов на случаи более характерные для реальной практики, когда натурное испытание конструкций затруднено или экономически не целесообразно. На примере реального объекта будет рассмотрена возможность использования метода конечных элементов при расчете усиления железобетонных конструкций композитными материалами с учетом действующих нормативных документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Римшин В.И.* Бетонные конструкции, усиленные композитным материалом // Вестник инженерной школы ДФВУ. 2018. № 2(35). С. 93-100.
2. *Клюев С.В.* Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов на основе углеволокна // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». 2012. № 3. С. 23-26.
3. *Овчинников И.И.* Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 1. Отечественные эксперименты при статическом нагружении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8. № 3. С. 1-29.
4. *Овчинников И.Г.* Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 1. экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2012. № 4. С. 1-22.
5. *Болгов А.Н.* Особенности методики расчета колонн, усиленных композитными материалами // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». 2012. № 1. С. 14-17.

АРКА НАД ЧЕРНОБЫЛЬСКИМ ЭНЕРГБЛОКОМ

Е.Р. Рысаков, Е.А. Баранова, Г.Ю. Теренина

Научный руководитель – **Г.Ю. Теренина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается конструкция изоляционного арочного сооружения над разрушенным четвёртым энергоблоком Чернобыльской АЭС – самой большой в истории передвижной металлоконструкции.

***Ключевые слова:** арка, изоляционная оболочка, металлоконструкция.*

THE ARCH OVER THE CHERNOBYL POWER UNIT

E.R. Rysakov, E.A. Baranova, G.Yu. Terenina

Scientific Supervisor – **G.Yu. Terenina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the structure of an insulating arched structure over the destroyed Fourth Power Unit of Chernobyl Nuclear Power Plant. This structure is the largest mobile metal construction in history.

***Keywords:** arch, insulating shell, metal construction.*

29 ноября 2016 года произошло не всеми замеченное, но важное событие: четвёртый энергоблок Чернобыльской АЭС, разрушившийся 26 апреля 1986 года в результате взрыва, закрыли аркообразной оболочкой из нержавеющей стали, заблокировав распространение радиоизлучений.

Первая установленная после аварии защитная оболочка над бывшим энергоблоком – изоляционное сооружение «Укрытие» – в течение последних десяти лет находилась на грани разрушения. Она была достаточно примитивна, её возвели в рекордные сроки – за 206 дней, с мая по ноябрь 1986 года, и на возведение ушло 400 000 кубометров бетонной смеси и 7000 тонн металлоконструкций. Тогда, сразу после взрыва, первоочередным фактором была скорость возведения. Сооружение, получившее неофициальное наименование «Саркофаг», изначально было рассчитано на 20-40 лет.

В 2007 году, когда означенный срок вышел, вновь созданная компания Novarka – консорциум французских фирм Vinci и Bouygues – подписала контракт на строительство «Нового безопасного конфайнмента» (англ. «New Safe Confinement» – «Новая защитная оболочка»). Такое название на заседании «Большой семерки» в 1997 году дали «Плану осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» для обеспечения его экологической безопасности».

Слово «конфайнмент» (англ. «заточение, удержание») подчеркивает, что новый саркофаг отрезает от внешнего мира и «удерживает» не только радиационные излучения, но и те негативные влияния, которые оказывают почву и окружающую среду в целом твёрдые радиоактивные отходы, которых внутри «Укрытия» тысячи тонн. Помимо этого необходимо было снизить скорость деградации существующей железобетонной оболочки под воздействием атмосферных влияний; укрепить ее конструкции, чтобы не допустить обрушений, которые бы неизбежно повлекли за собой образование радиоактивной пыли; обеспечить возможность удаленного демонтажа наиболее нестабильных элементов. Специальная европейская комиссия, внимательно изучив работы финалистов ранее проведенного архитектурного конкурса, выяснила, что среди них есть подходящий по всем параметрам проект – проект означенной передвижной арки.

Проект предложил англичанин Дэвид Хэслвуд из манчестерского бюро Design Group Partnership. Придуманная Дэвидом конструкция позволяла не только удаленный демонтаж: саму арку можно было монтировать удаленно, минимизировав риски контактов рабочих с участком заражения. Арка должна была собираться на безопасном расстоянии, а после сдвигаться, полностью накрывая старый саркофаг. Более того, после установки и настройки оборудования постепенно можно было бы полностью разобрать и старое «Укрытие», и то, что осталось от четвертого энергоблока.

Novarka переработала эту идею в законченный рабочий проект, и в 2008 году начался подготовительный этап. Участок для монтажа арки, расположенный на расстоянии около 30 метров от существующего «Укрытия», расчистили, загнали в землю 400 бетонных и 400 стальных свай, подготовили траншеи-желоба для перемещения арки и залили всю площадку бетоном. 13 февраля 2012 года началось возведение основной конструкции.

В тендере на выполнение кровли саркофага участвовали многие фирмы, но после всех пройденных тестов и представленных технических решений покрытием победителем была признана немецкая компания KALZIP, фирма со штаб-квартирой в Кобленце, известная проектами по всему миру, в том числе в России, Казахстане и Белоруссии. KALZIP –

это фальцевая система профилированных листов с досконально разработанной технологией изготовления, включая необходимые расчеты несущей способности конструкций, компьютерную разработку чертежей и спецификаций.

Для внутренней оболочки саркофага была использована панельная система. Внешняя оболочка выполнена из легированной нержавеющей стали марки EN 1.4404, внутренняя – из EN 1.4301. При этом составы нержавеющей стали были разработаны специально для этого проекта.

Профилированные листы и панели были изготовлены непосредственно на стройплощадке на мобильных профилегибочных установках, доставленных на объект из Германии. Всего было выполнено профилирование 86 000 м² металла для внешней оболочки и 80 000 м² – для внутренней.

К проекту и самой оболочке предъявлялись высокие требования, особенно по конструктивной устойчивости всего сооружения в целом и пожаростойкости применяемых материалов, поскольку после финальной установки защитной оболочки над реактором ремонтные работы исключены. В связи с этим от потенциальных поставщиков требовалось провести испытания системы на всевозможные погодные явления: например, тестирование на выдержку кровлей торнадо класса 3 (нагрузки 11 кН/м² – как смерч со скоростью до 332 км/ч).

В фальцевой системе профилированные листы защелкиваются между собой – и для выполнения условия по торнадо конструкторами фирмы был изобретен новый вид соединительного клипа, который при испытании на отрыв выдержал нагрузку вдвое больше - 22 кН/м².

Арочное сооружение общим весом 29 тысяч тонн, шириной 257 метров, длиной 150 метров и высотой 109 метров стало самой большой в истории передвижной металлоконструкцией. Особого упоминания заслуживает технология ее монтажа и установки, в процессе которых ни один строитель не подходил к «Укрытию» ближе, чем на 30 метров.

Арку собирали в два приема из заранее изготовленных модульных металлоконструкций, которые соединяются между собой с помощью клипов и шарниров. Сначала собрали верхнюю часть первой половины арки, присоединили к ней ещё по ряду модулей с обеих сторон и кранами подняли всю конструкцию вверх – боковые модули приняли почти вертикальное положение, продолжив радиусный изгиб. После этого каркас облицевали листами нержавеющей стали, и следующим шагом было присоединение остальных модулей.

К некоторым из них предварительно монтировалось вентиляционное и климатическое оборудование, предназначенное для поддержания внутри арки определенных влажности и температуры, чтобы «законсервировать» старый саркофаг, а также электромеханическое оборудование

для дистанционного доступа ко всему, что находится внутри «конфайнмента».

После того, как половина арки была готова, её начали сдвигать: подъёмные краны переместили её ближе к саркофагу, в «зону ожидания». На освободившемся месте стали монтировать вторую часть арки, чтобы потом придвинуть назад первую и окончательно соединить обе половины, облицевав пустоты листами нержавеющей стали.

Отладка оборудования по плану заняла ещё около года. Рассчитанная на не менее 100 лет арка уже стоит на отведенном ей месте, однако остатки энергоблока всё ещё представляют опасность: необходимо демонтировать нестабильные конструкции объекта «Укрытие», разработать технологии извлечения топливосодержащих материалов, удалить и захоронить остающиеся радиоактивные отходы, что планируется осуществить к 2023 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арка над Чернобылем: [Электронный ресурс] // Archi.ru. 2017. URL: https://archi.ru/tech/news_71995.html. (Дата обращения: 23.02.2019).
2. Как это сделано: новый объект «Укрытие» на Чернобыльской АЭС [Электронный ресурс] // novate.ru. URL: <https://novate.ru/blogs/300414/26210> (Дата обращения: 23.02.2019).
3. Новый Безопасный Конфайнмент [Электронный ресурс] // ГСП Чернобыльская АЭС. 2019. URL: <https://chnpp.gov.ua/nbk/index.html> (Дата обращения: 23.02.2019).

ДЕРЕВЯННЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КУПОЛ

Е.А. Баранова, Е.Р. Рысаков, Г.Ю. Теренина

Научный руководитель – **Г.Ю. Теренина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается конструкция деревянного геодезического купола, размещённого в Санкт-петербургском газгольдере и содержащем самый крупный в мире планетарий.

Ключевые слова: геодезический купол, планетарий, газгольдер.

THE WOODEN GEODESIC DOME

E.A. Baranova, E.R. Rysakov, G.Yu. Terenina

Scientific Supervisor – **G.Yu. Terenina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper examines construction of a wooden geodesic dome placed in the St. Petersburg gasholder and containing the world's largest planetarium.

Keywords: geodesic dome, planetarium, gasholder.

До осени 2017 года самым большим в мире планетарием считался планетарий в японском городе Нагоя, имеющий купол с внутренним диаметром 35 метров. Планетарий, открытый 4 ноября 2017 года в Санкт-Петербурге на набережной Обводного канала, его превосходит: диаметр его купола 37 метров. Именно Санкт-петербургский Планетарий №1, расположенный в здании крупнейшего старинного газгольдера России, считается теперь самым большим в мире.

По задумке архитекторов планетарий помещён в газохранилище с крупномасштабной целью превратить в дальнейшем весь промышленный район в образовательный и научный центр. То есть планетарий в геодезическом куполе – это лишь часть их идеи. Геодезический купол (также геокупол, геодом) – это сферическое архитектурное сооружение, собранное из стержней, образующих геометрическую структуру, благодаря которой сооружение в целом обладает хорошими несущими качествами. Геодезический купол является несущей сетчатой оболочкой.

Центральное здание научного центра – это газохранилище на водном канале, архитектурный памятник с историческим значением. Построенный в 1884 году для Городского общества освещения Санкт-Петербурга с целью хранения и подачи газа в уличные фонари, он оставался заброшенным в течение 120 лет с момента появления электричества. Проект для этого строения разработали два очень уважаемых в городе человека — профессор архитектуры Отто фон Гиппиус и директор Института гражданских инженеров Рудольф Бернгард.

В 2015 году будущий автор и вдохновитель проекта впервые увидел газгольдер, и его посетила мысль о большом планетарии, который был бы вписан в уже существующий объект. Спустя два года эта мысль, казалось бы мимолетная и невероятная, воплотилась.

Размах идеи на самом деле колоссальный. Имея возможности, недоступные зажатому в узком пространстве Кронверкского проспекта старому Петербургскому планетарию, создатели нового планетария собираются размахнуться. Предполагается, что в состав комплекса (целого научного кластера) войдут: звездный зал, музей космических экспонатов, залы виртуальной реальности, учебные классы, обсерватории, уличный лекторий и коворкинг.

Так история дала второй шанс газгольдеру, сохранив основную функцию освещения и обогатив его с помощью современных технологий строительства и визуального проекционного искусства.

Структурно газохранилище представляет собой кирпичную башню диаметром 42 м и высотой 20 м с общим объемом 40 000 кубических метров. Перекрыт газгольдер куполом Шведлера с радиальными металлическими фермами, соединенными стержнями, образующими самонаводящееся «колесо велосипеда». Такие конструкции заложили основу для разработки легких несущих систем покрытия помещений большого диаметра.

Форма купола образуется благодаря особому соединению балок: в каждом узле сходятся ребра слегка различной длины, которые в целом образуют многогранник, близкий по форме к сегменту сферы.

Появление геодезического купола внутри купола Шведлера отразило следующий этап в развитии систем покрытий, основанный на более оптимальной (по структуре) геометрической модели конструкции. Стоит отметить, что первый полноразмерный геодезический купол (основанный на икосаэдре) также был планетарием, открытым в Йене в 1926 году.

Исходя из задачи построения трехмерного проекционного экрана в полусфере диаметром 37 метров и высотой 18,5 метров, была выбрана соответствующая схема. 10-частотная сфера продиктовала выбор материала его частей (вспененный ПВХ). Геометрия фуллерена (гексагональная сетка) структурно размножилась. Таким образом, каждый треуголь-

ник геодезического купольного каркаса является частью шестиугольного элемента. Каждый элемент окружен другими элементами, образующими единый экран, который состоит из 1400 частей и 36 типов размеров.

Каркас купола выполнен из ЛВЛ-брусьев (брусьев из клеёного шпона; от англ. Laminated Veneer Lumber – «пиломатериал из слоёного шпона»), 150 × 75 в поперечном сечении, на стальных соединителях «Геккель» (названы в честь немецкого естествоиспытателя, исследователя природных форм), напоминающих морскую звезду. В общей сложности рама состоит из 1500 балок и 507 стальных соединителей, а масса всей конструкции составляет 20 тонн.

В процессе строительства инженеры столкнулись с проблемой проектирования, производства и сборки центральной проекционной сферы для 39 проекторов, которые могли бы равномерно освещать огромный экран планетария. Учитывая общую гексагональную геометрию экрана, они решили использовать модель молекулы фуллерена C₆₀ для внешней формы центральной базы проекторов. Проектировщики использовали кадровое моделирование прочности и воздушных потоков от отопительных проекторов (генерирующих около 18 кВт тепла), выбирая оптимальную толщину металла, чтобы облегчить конструкцию, ускорить и упростить процесс сборки.

С научной точки зрения, такое фрактальное гнездование фуллеренов одной и той же частоты в другом фуллерене буквально называется «русской матрешкой», что прекрасно описывает этот исторический объект.

Объект был спроектирован, изготовлен, собран и запущен через 2 месяца сообществом частных дизайнеров, инженеров, архитекторов. Из-за бюджетных ограничений и сжатых сроков команда мобилизовала сеть небольших местных мастерских, в которых были разработаны различные элементы строительства. Международное сообщество строителей купола «Domes World» собрало их на строительной площадке (от 10 до 30 человек работали на площадке в течение всего месяца).

В настоящее время для обеспечения проекции звездного неба на стену используются простые, достаточно привычные нам проекторы. Они простые по устройству, и подстройка границ между проецируемыми изображениями происходит программно. Оценивая освещенность каждого куска экрана, программа в автоматическом режиме подстраивает выдаваемую яркость так, чтобы не было видно перекрытия изображений от различных проекторов.

Главный зал Планетария № 1 сможет удивить посетителей 50 киловаттами многоканального объемного звука и 84 мегапикселями видео в разрешении 16к.

Нижний край экрана почти во всех своих точках находится в 40 сантиметрах от пола, что не только эффектно, но и позволит делать впечатляющие «космические» фотографии. Для управления картинкой в зале стоит несколько экранов, что в будущем позволит посетителям самостоятельно управлять картинкой. Только представьте: можно будет совершить прогулку по МКС и увидеть космос так, как его видят находящиеся на орбите космонавты.

Реализованная часть проекта – планетарий и образовательные площадки: лекционный зал и лабораторная мастерская. Предполагаемая мощность планетария после выполнения основных этапов строительства составляет 1 миллион человек в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AD Editorial Team. This Wooden Geodesic Dome Contains the World's Largest Planetarium: [Electronic resource] // ArchDaily. 2018. URL: <https://www.archdaily.com/891857/geodesic-dome-with-worlds-largest-planetarium-inside>. (Date of the application: 23.02.2019).
2. *Иорданов С.* Как устроен самый большой планетарий в мире [Электронный ресурс] // The Village. 2017. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/city-guide/290522-kak-ustroen-samy-bolshoy-planetariy-v-mire>. (Дата обращения: 23.02.2019).
3. Планетарий 1 [Электронный ресурс]. СПб., 2019. URL: <https://www.planetarium.one>. (Дата обращения: 23.02.2019).

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА
АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ В Г. ПЕРЕСЛАВЛЬ-
ЗАЛЕССКИЙ С УЧЕТОМ ПУЛЬСАЦИОННОЙ
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ**

А.А. Арсентьева, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается зависимость частот собственных колебаний здания от характеристик междуэтажного перекрытия, а также определение пульсационной составляющей ветровой нагрузки при выбранном типе перекрытия.

***Ключевые слова:** динамические воздействия, собственные колебания, монолитное безригельное перекрытие.*

**RESEARCH AND CALCULATION OF ELEMENTS
OF THE FRAMEWORK OF THE ADMINISTRATIVE
BUILDING IN PERESLAVL-ZALESSKY TAKING INTO
ACCOUNT THE PULSATIVE COMPONENT OF WIND LOAD**

A.A. Arsent'eva, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the dependence of the frequency of natural oscillations of a building on the characteristics of the floor deck, as well as the determination of the pulsation component of the wind load for the selected type of floor deck.

***Keywords:** dynamic effects, natural oscillation, monolithic without bolt overlap.*

Проектирование многоэтажных зданий невозможно без учета динамических воздействий. С одной стороны, это технологические динамические нагрузки, вызываемые машинами, кранами, вибрацией, ударами и

производственными взрывами, а с другой — природные динамические нагрузки, вызываемые действием ветра, землетрясения.

Целью динамического расчета несущих конструкций многоэтажных зданий является обеспечение несущей способности конструкций при совместном действии статических и динамических нагрузок и ограничение уровня колебаний конструкций пределами, которые исключают возможность вредного их влияния на людей и технологические процессы.

Настоящая работа направлена на исследование зависимости пульсационной составляющей ветровой нагрузки и типа монолитного железобетонного перекрытия с целью определения его оптимальных прочностных и геометрических характеристик, а также определения обратной зависимости параметров перекрытия от размера пульсационной составляющей.

Перекрытия общественных зданий из монолитного железобетона выполняются, как правило, в виде плоской плиты постоянной толщины по всей площади перекрытия. При больших пролетах и значительных нагрузках в перекрытии предусматривают балки (ребра), идущие в одном или двух ортогональных направлениях: главные и второстепенные балки. Главные балки опирают на колонны и наружные стены. В каждом пролете главной балки располагают от одной до трех второстепенной балки.

Для уменьшения моментов в крайних пролетах предусматривают бортовые балки по контуру перекрытия монолитно объединенные с плитой.

Основными конструктивными показателями перекрытий являются геометрические размеры их отдельных элементов (плит, балок, ребер), вид и класс прочности бетона и арматуры, а также процент армирования.

Для расчета пульсационной составляющей ветровой нагрузки были определены частоты собственных колебаний здания с вариациями жесткостных характеристик монолитного перекрытия проектируемого здания. Здание 6-ти этажное, в плане прямоугольной формы, имеет поворот осей 10-12 на 17° , размеры в буквенных осях А-Г 17,5 м, в цифровых осях 1-12 72 м. Высота первого этажа 3,5 м, последующих – 3 м. Несущими элементами являются железобетонные колонны прямоугольного сечения 400x400 мм, жестко связанные с перекрытием.

В соответствии с [1, 2] предельное значение собственной частоты f_{lim} для Ярославской области (1 ветровой район) и железобетонных сооружений соответствует 0,95 Гц.

Расчет производился для двух типов перекрытия: монолитное безригельное перекрытие и монолитное безригельное перекрытие с бортовыми балками. В результате расчета получены следующие распределения частот собственных колебаний:

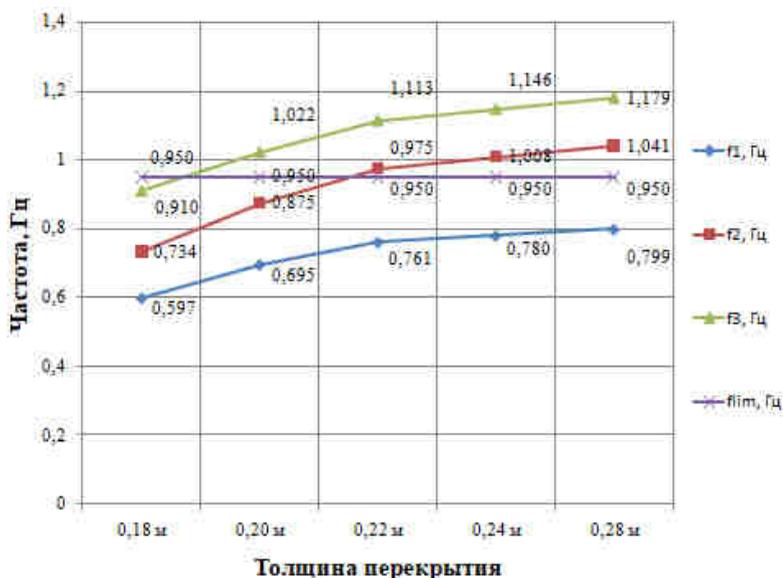


Рис. 1. Распределение частот собственных колебаний при вариациях монолитного безригельного перекрытия

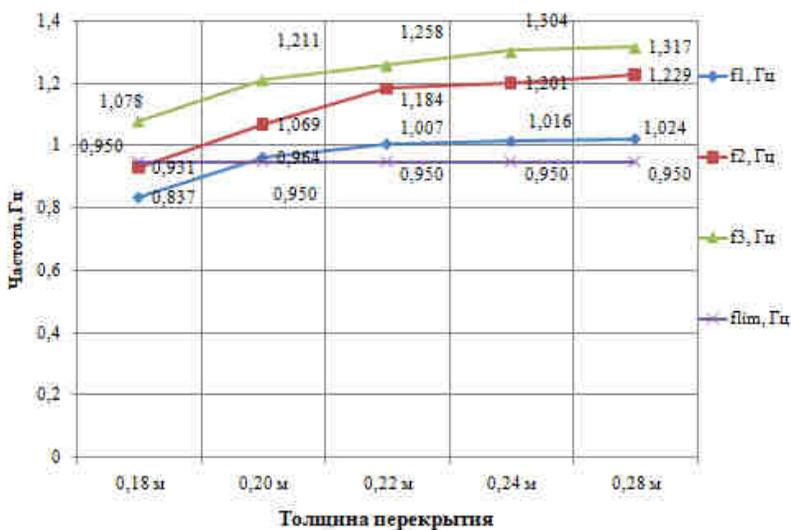


Рис. 2. Распределение частот собственных колебаний при вариациях монолитного безригельного перекрытия с бортовыми балками

Таким образом, при исполнении монолитного перекрытия с устройством бортовых балок жесткостные характеристики перекрытия возрастают в среднем на 40%.

Однако при толщине перекрытия 180 мм вторая частота собственных колебаний меньше предельной, следовательно при расчете перекрытия необходимо выполнять динамический расчет.

Исходя из полученных данных, целесообразно принять к проектированию монолитное железобетонное безригельное перекрытие толщиной 180 мм, по контуру ограждающих стен и деформационного шва усилить бортовыми балками.

Предварительные исследования по данной тематике изложены в статье [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова". 104 с.
2. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М.: Стройиздат, 1972. 511 с.
3. *Корнев Б.Г.* О методах уменьшения вибрации при прохождении через резонанс во время пуска и остановки оборудования / Б.Г. Корнев, Н.А. Пикулев, И.С. Шейнин // В сб.: «Колебания зданий и сооружений». Стройиздат, 1963.
4. *Арсентьева А.А.* Исторический обзор динамических воздействия на здания и сооружения: собственные колебания. Основные вопросы и задачи / А.А. Арсентьева, А.М. Протасов, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием, часть 2. Ярославль: Издательский дом ЯГТУ, 2018. С. 795-799.

РЕСТАВРАЦИЯ И ВОССОЗДАНИЕ КУПОЛОВ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

О.П. Башмакова, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе представлены основные принципы воссоздания утраченных элементов памятников архитектуры, определяющих православные традиции и символику, с целью сохранения историко-культурной ценности объекта.

***Ключевые слова:** культовые сооружения, реставрация, купол, символика купола, конструктивные решения куполов.*

THE RESTORATION OF THE DOMES OF THE MONUMENTS

O.P. Bashmakova, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the basic principles of reconstruction of the lost elements of architectural monuments that define Orthodox traditions and symbols in order to preserve the historical and cultural value of the object.

***Keywords:** religious buildings, restoration, the dome, the symbolism of the dome, a design solution to the domes.*

Одно из ведущих мест современного градостроительства занимает проблема сохранения исторического наследия. Тысячи храмов России были разрушены в 1920 – 1940-е годы Советской России, многие из которых являлись яркими памятниками архитектуры.

Здание храма предназначено для молитвенного собрания верующих и состоит, как правило, из трех основных частей: алтаря, средней части, притвора. Оно может включать в свой объем также колокольню, трапезную часть, крещальню и несколько приделов.

Формы основных элементов храма, его функциональные и декоративные элементы определяются православной традицией и символикой.

Покрытие основного объема храма, как правило, выполняется в виде свода или купола.

Купол – полусферическое покрытие здания, перекрывающее помещения круглой, квадратной или многоугольной формы в плане. Купольные конструкции позволяют перекрывать значительные пространства без дополнительных промежуточных опор. Распор и вес купола распределяется равномерно на опорный контур купола, который выполняется в виде замкнутой формы, часто кольцевой. При квадратных планах переход от квадрата к окружности достигается при помощи специальных сводов: парусов и тромпов (рис. 1).

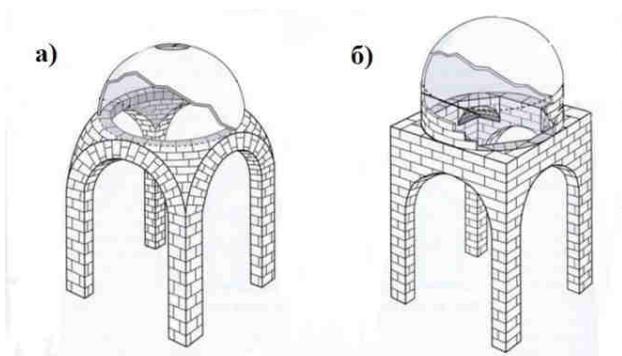


Рис. 1: а) купол на парусах, б) купол на тромпах

Купола культовых сооружений часто наделяются определенным сакральным смыслом. Купола православных церквей считаются образом духовного неба, один купол символизирует единство Бога и совершенство творения, три купола - Пресвятую Троицу, пять куполов, один из которых возвышается над другими, символизируют Иисуса Христа и четырех евангелистов, тринадцать куполов - Иисуса Христа и его 12 апостолов.

При реставрации или воссоздании куполов требуется применение щадящих технологий и подбор строительных материалов аналогичных по физико-механическому составу с оригинальными.

Конструктивно купола выполняются из разных материалов.

Кирпичные купола выкладываются по опалубке, опирающейся на кружала и стены или на пониженные по отношению к ним подпружные арки [3]. Толщина купола переменная, меняется скачкообразно и составляет обычно 1,0-2,5 кирпича (рис. 2).

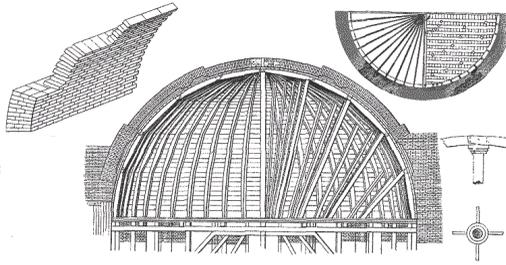


Рис. 2. Схема устройства кирпичного купола

В купольном покрытии, в основном в постройках XX-XXI века, также применяются бетонные конструкции (рис. 3). Купола пролетом до 15 м бетонируют за один прием без перерыва, укладывая бетонную смесь от замка к пятам, чтобы не вызвать перекося опалубки [4].



**Рис. 3. Храм блаженной Ксении Петербургской,
г. Благовещенск**

Купола и главы на барабанах с целью уменьшения веса и удобства монтажа могут выполняться с использованием металлических пространственных конструкций [2]. Необходимые элементы выполняются на специализированных предприятиях, затем их собирают и обшивают на земле в условиях стройплощадки и потом устанавливают на место с помощью крана (рис. 4).

В качестве листовых материалов кровельного покрытия куполов используется сусальное золото, различные виды металлов (и их сплавов), к числу которых относятся сталь, алюминий, цинк, алюмоцинк, медь.

При выборе очертания купольного покрытия учитываются архитектурные и технологические требования, а также технико-экономические, включающие минимальный расход материала на возведение купола, простоту, удобство изготовления и монтажа элементов, долговечность, возможность ухода за конструкцией, соответствие конструктивного решения купола характеру действующих нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8486-86 . Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия.
2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.
3. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции.
4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ КИРПИЧНОГО ЗДАНИЯ НА СВАЙНОМ ФУНДАМЕНТЕ

Д.В. Большаков, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние температурно-климатических воздействий на общее напряженно-деформированное состояние кладки кирпичного здания на свайном фундаменте.

***Ключевые слова:** температурно-климатические воздействия, кирпичное здание, напряженно-деформированное состояние, свайный фундамент.*

TAKING INTO ACCOUNT THE TEMPERATURE AND CLIMATIC EFFECTS IN THE PROPORTIONING OF A BRICK BUILDING ON PILED FOUNDATION

D.V. Bolshakov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the impact of temperature and climatic influences on the general stress-strain state of the laying of a brick building on the piled foundation.

***Keywords:** temperature and climatic effects, reinforced concrete frame, brick building, stress-strain state, pile foundation.*

В современном проектировании нормативные документы мало несут в себе информации об условных размерах температурных секций зданий. Необходимо самостоятельно производить расчет на температурные нагрузки, поскольку при колебании температуры воздуха, влажности, радиации в здании, как правило, возникают большие деформации и усилия, которые впоследствии становятся причинами разрывов, трещин, сколов конструкций здания. Эти повреждения становятся причиной снижения несущей способности здания, ухудшения долговечности и экс-

платационных качеств. Чтобы избежать подобных повреждений, на стадии проектирования, согласно нормативным документам, необходимо производить расчет на температурно-климатические воздействия. Результатом данного расчета является подбор оптимальных размеров секций зданий, разделенных температурными швами.

Раньше температурным расширениям зданий уделялось очень мало внимания, что приводило к неблагоприятным последствиям при эксплуатации здания. Кирпичные 5-этажные дома возводились протяженными по длине, размеры температурных блоков были очень большие, из-за этого, спустя несколько сезонов эксплуатации здания, его фактически разрывало на части – образовывались трещины на всю высоту здания. В современных зданиях непосредственно температурным удлинением уделяется большее внимание. Прежде всего, потому что современные здания имеют меньшую массу, что приводит к большим температурным колебаниям в конструкциях. Внутренние помещения имеют кондиционирование, поэтому внутренние конструкции имеют более или менее постоянную температуру, а при колебаниях температуры наружного воздуха разница температур между внутренними и внешними частями конструкций проявляется быстрее и больше.

Расчет позволяет значительно снизить температурные усилия и повреждения, увеличить надежность и долговечность конструкций, а также улучшить эксплуатационные качества путем правильного подбора расчетных температур, схем и жесткостных характеристик конструкций

Температурные воздействия на строительные конструкции могут иметь самое разнообразное происхождение, но чаще всего рассматриваются климатические температурные воздействия и технологические температурные воздействия.

Расчет на температурно-влажностные воздействия выполняется для 2 стадий: возведения и эксплуатации здания.

Для стадии возведения различают два расчетных случая [3]:

первый — здание возведено при положительной температуре окружающей среды (в теплое время года), до пуска в эксплуатацию отопительной системы конструкции здания охлаждаются из-за понижения температуры окружающей среды в холодное время года

второй — здание возведено в холодное время года и конструкции здания нагреваются из-за повышения температуры окружающей среды в теплое время года.

В первом случае из-за противодействия основания температурным изменениям линейных размеров продольных конструкций в них возникают растягивающие напряжения, во втором случае — сжимающие напряжения.

Для стадии эксплуатации необходимо проверять конструкции на совместное влияние температурного сокращения продольных наружных стен и деформаций усадки продольных конструкций.

В научных исследованиях большинства авторов до настоящего времени, как правило, рассматривались вопросы влияния температурно-климатических воздействий на общее напряженно-деформированное состояние железобетонного каркаса здания. В моем исследовании рассмотрен вопрос влияния температурно-климатических воздействий на общее напряженно-деформированное состояние кирпичного, многоэтажного, протяженного по длине здания.

Учтено влияние температурных воздействий на один температурный блок кирпичного бескаркасного (19,180x47,720 м) 9-ти этажного жилого здания. Проанализировано в какой мере отсутствие учёта температурного воздействия может отразиться на эксплуатации данного здания.

При расчете данного здания были рассмотрены три ситуации [1], [2]:

- 1) конструкция рассматривается в режиме эксплуатации;
- 2) конструкция рассматривается в режиме возведения, с учетом положительных температурно-климатических воздействий $\Delta t_w = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ (расчетное значение);
- 3) конструкция рассматривается в режиме возведения, с учетом отрицательных температурно-климатических воздействий $\Delta t_c = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ (расчетное значение).

При расчете конструкций для условий возведения расчетные значения снеговых, ветровых и температурных климатических воздействий снижены на 20% [1].

Температурно-климатические воздействия оказывают существенное влияние на кирпичное здание. Согласно расчету, растягивающие напряжения, возникающие в кирпичной кладке, с учетом температурно-климатических воздействий, существенно отличаются от растягивающих напряжений, полученных при расчете здания без учета температурно-климатических воздействий. Поэтому необходимость разбиения здания на несколько температурных блоков полностью оправдана. Также необходимо увеличить армирование конструкций стен установкой дополнительных арматурных сеток и увеличением числа арматурных поясов здания.

Значительное влияние оказывают холодные температурно-климатические воздействия. Растягивающие напряжения, полученные при расчете на 15-20% выше, чем напряжения, полученные ранее (без учета температурно-климатических воздействий).

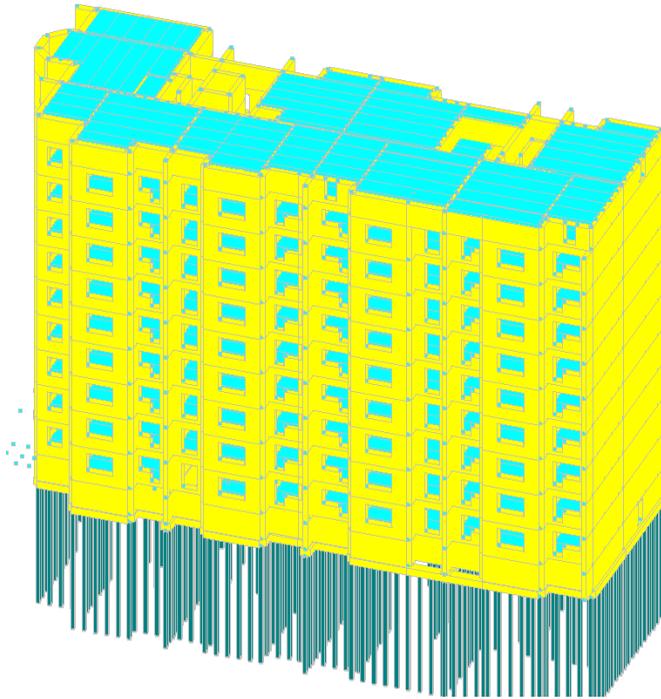


Рис. 1. Расчетная схема первого температурного блока здания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Стройиздат, 1987. 60 с.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. Минстрой России, 2015.
3. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). М.: Стройиздат, 1989. 304 с.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА «ГЕЛИОТРОП»

М.С. Горева, Г.Ю. Теренина

Научный руководитель – **Г.Ю. Теренина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются конструкции энергоэффективного дома и их технические характеристики. Рассматриваются строительное производство и технические параметры несущей колонны.

Ключевые слова: сборная модульная деревянная конструкция, колонна, технические характеристики.

DESIGN FEATURES OF ENERGY EFFICIENT HOUSE «HELIOTROP»

M.S. Goreva, G.Yu. Terenina

Scientific Supervisor – **G.Yu. Terenina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper examines designs of an energy-efficient house and its technical parameters. The construction production and technical parameters of the bearing column are considered.

Keywords: prefabricated modular wooden construction, column, technical parameters.

Большие счета за электричество и теплоэнергию являются важной проблемой для многих стран. Особенно этому подвержены «холодные» страны. И многие инженеры-строители пытаются найти наиболее выгодные решения этой проблемы.

Проблема энергосбережения не нова, несмотря на ее актуальность на сегодняшний день, она была поднята еще в конце прошлого века. В современной России около 20% всех энергоресурсов уходит на отопление и обслуживание зданий, 90% энергии, идущей на эксплуатацию зданий, расходуется на отопление. Самый большой расход приходится на

жилые здания – 45–55%, на промышленные – 35–45%. Такое количество энергии не расходует не одна страна мира.

«Гелиотроп» – это солнечный дом, который способен вращаться вокруг собственной центральной оси, чтобы наиболее эффективно в течение дня превращать энергию солнечных лучей в тепло и электричество. Он находится в Германии, во Фрайбурге. Этот дом был разработан и построен в 1994 году по проекту архитектора Ральфа Диша. Он был рассчитан для размещения квартиры архитектора и его проектного бюро.

Уникальность дома «Гелиотроп» в том, что он генерирует энергии в пять раз больше, чем потребляет. Отопление, горячее водоснабжение, электричество – все обеспечивается исключительно за счет солнца. Летом происходит сезонное накопление энергии. Он представляет собой цилиндрический дом, который отслеживает путь Солнца, для того, чтобы получить максимальный поток дневного света и позволяет бортовой панели солнечных батарей получить дополнительную энергию.

Поворотный механизм позволяет дому генерировать до 5 раз больше энергии, чем требуется. Дом медленно вращается вокруг центральной оси, чтобы поймать максимум солнечного света для солнечных панелей, которые установлены на крыше и поддерживают перила. Эти двойные поручни, используются в качестве пассивного нагревателя воды трубы, для нужд жильцов дома.

По существу, здание «Гелиотроп» нельзя рассматривать как жилой дом в привычном смысле слова. Скорее, это мобильная установка, основной функцией которой является активное улавливание солнечной энергии. Рационально продуманная система энергоснабжения с компьютерным регулированием процессов позволяет зданию обходиться без дополнительных источников энергии практически весь зимний период, а в теплое солнечное время года производить энергии намного больше, чем это необходимо для внутреннего потребления. Избыток поступает в электросеть района.

Трехэтажное цилиндрическое здание установлено на подпорке 14,5 м высотой и диаметром 2,6 м.

Здание состоит из двух частей. Одна половина, с тройным оконным остеклением, предназначена для пассивного захвата солнечной энергии. Другая, с надежной изоляцией, гарантирует прохладный микроклимат в помещении в жаркие летние дни. Внешний облик здания напоминает дерево: центральный сердечник, поднимается вертикально на 12 метров и через консоли несет на себе ступенчато расположенные этажи.

На крыше дома установлена огромная фотоэлектрическая панель в виде паруса, которая так и называется – «Солнечный парус» (Sun Sail). Она отслеживает движение Солнца и автоматически разворачивается

вслед за ним, собирая солнечную энергию и обеспечивая все энергетические потребности хозяев.

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

«Гелиотроп» представляет собой сборную модульную деревянную конструкцию, предварительно изготовленную по технологии BSB (Broad Sustainable Building). Все части производятся промышленным способом на оборудовании, использующее программное обеспечение (CNC-технология). Между тем, все помещения дома также могут быть изготовлены на заводе, а сам дом строится путём соединения сегментов с центральной колонной. Эффективность этого метода строительства заключается в низкой стоимости серийного производства «Гелиотропов». Все конструктивные несущие элементы верхней части дома производятся из возобновляемого строительного материала — древесины. С точки зрения принципов устойчивого строительства и бережного отношения к окружающей среде, древесина является наиболее подходящим строительным материалом для солнечного дома.

Ячейки жилых и рабочих помещений соединены с несущей колонной на всех уровнях в виде 18-ти гранной спирали. Двухуровневые поэтажные планы обеспечивают прекрасные условия проживания. Все основные помещения имеют доступ к винтовой лестнице, так что в коридорах и прихожих нет необходимости. Открытую планировку этажа можно оставить как есть или разделить с помощью внутренних перегородок. На крыше дома расположен сад с возможностью принятия солнечных ванн, а вокруг конструктивной оболочки здания закручивается по спирали смотровая терраса. Таким образом, виды, открывающиеся с террасы в течение дня, постоянно меняются.

«Гелиотроп» состоит из подвала (нижняя часть дома), который является основанием, несущей колонны, вращающейся башни (верхняя часть дома) и «Солнечного паруса» (фотоэлектрическая установка). Подвал дома может использоваться как вторая жилая часть.

КОЛОННА

Самой большой быстровозводимой частью дома является центральная несущая деревянная колонна, в которой расположена центральная винтовая лестница и размещены электрические коммуникации. Вся скелетная конструкция вращается вокруг этой центральной колонны.

Для «Гелиотропа» (HELIOTROP®), как первого в мире здания, подвешенного на несущей деревянной колонне, совместно со Швейцарским Техническим Университетом Цюриха (Swiss Technical University Zurich) был разработан новый метод расчёта статики. Единственным возможным материалом на основе древесины была определена шпониру-

ванная многослойная клеёная панель Kerto Q из ели, производимая в Финляндии.

Колонна, как и само здание, является 18-гранной конструкцией. 18 многослойных Kerto Q-панелей имеют пазы в форме полукруга на вертикальных продольных сторонах, которые заполняются эпоксидной смолой для соединения элементов между собой. Благодаря стальным связям в форме кольца, которые расположены вокруг «колонны из эпоксидной смолы», соединение получается очень плотным. Прочность соединения по краю в продольном направлении составляет 90% от прочности деревянной конструкции, то есть в случае экстремальных нагрузок, сталь и эпоксидная смола деформируются прежде, чем само соединение будет разрушено.

Технические характеристики несущей колонны:

Внутренний диаметр – 2,6 м

Внешний диаметр – 2,9 м

Высота – 14,5 м

Масса, включая техническое оборудование и лестницы – 15 тонн

Толщина стенки из 18 Kerto Q-панелей – 111 мм.

«Гелиотроп» – это не первое вращающееся здание, но первое строение, использующее вращение для минимального потребления тепловой энергии.

При нормальных условиях трёхэтажная башня с внешним диаметром 10,5 м, следуя за солнцем, поворачивается вокруг своей оси на 15° в час при помощи электродвигателя, мощность которого 120 Вт, а ежегодное энергопотребление составляет 20 кВт/ч. Площадь отапливаемых помещений башни около 180 м².

ПРОЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Для учёта всех возможных сценариев нагрузки были рассмотрены следующие максимальные напряжения в основании колонны:

Нормальные напряжения – собственный вес, дополнительная нагрузка, снеговая нагрузка – 1700 кН

Изгибающие моменты – неравномерно распределённые и ветровые нагрузки на здание и солнечную платформу – 1850 кНм

Крутящие моменты – асимметричные ветровые нагрузки на здание и солнечную платформу – 55 кН

Парусность – максимальное раскачивание в верхней части колонны – 25 мм

PlusEnergy – это термин, используемый в строительной конструкции, чтобы описать структуры, которая производит больше энергии, чем он использует. PlusEnergy – это не только способ производства экологически чистого жилья, но и интегрированная экологическая и архитектурная концепция. Превосходство PlusEnergy в низком или нулевом потреб-

лении энергии. Дом спроектирован так, чтобы смотреть на солнце с его тройными стеклопакетами ($U = 0,5$) в течение отопительных месяцев года и поворачивать его другой стороной ($U = 0,12$) к солнцу в теплые месяцы, когда отопление не требуется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Точилова Н.* Heliotrop Rotating House / Вращающийся дом "Гелиотроп" / Статья для ARCHITIME/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.architime.ru/specarch/rolf_dish/heliotrop_rotating_house.htm#1.jpg
2. *Семенов К.В.* Конструкции из дерева и пластмасс / К.В. Семенов, М.Ю. Кононова. СПб., 2013.
3. *Фёдоров В.С.* Деревянные конструкции / В.С. Фёдоров, М.В. Шавыкина. М., 2003.

УДК 624.131.7

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

А.А. Грибков, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается поведение фундаментной плиты во время возведения здания с учетом фильтрационной консолидации глинистых и песчаных водонасыщенных грунтов.

Ключевые слова: модель, водонасыщенные глинистые грунты, осадка, коэффициенты постели, армирование.

THE RESEARCH OF THE STRAIN-STRESS STATE OF A BUILDING DURING THE BUILDING PROCESS FACTORING IN THE EARTH FOUNDATION PROPERTIES

A.A. Gribkov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the behavior of a base plate during the building process factoring in the filtrational consolidation of water-saturated clay and sandy soils.

Keywords: model, water-saturated clay soil, soil settlement, settlement factors, reinforcement.

Исследование напряженно-деформированного состояния здания с учетом фильтрационной консолидации грунтового основания [5] показало, что, в случае расположения линзы из суглинка в центре фундаментной плиты, в начальный момент осадки здания под подошвой возникают опасные напряжения. В данной работе, с целью выявления характера напряженно-деформированного состояния конструкций девятиэтажного кирпичного здания в процессе его возведения, была определена продолжительность

строительства одного этажа, которая составила 15 дней. Продолжительность возведения всей надземной части здания составила 4,5 месяца. Поэтапно были вычислены коэффициенты постели для каждого из этапов возведения здания. Для ленточных и плитных фундаментов коэффициенты постели в первом приближении равны [2]:

$$C_1 = \frac{E_t}{h(1-\nu^2)}, C_2 = \frac{E_t \cdot h}{6(1-\nu)}$$

где E_t – модуль деформации грунта в определенный промежуток времени, определенный на предыдущем этапе данной работы [4];

ν – коэффициент Пуассона;

h – толщина грунтового слоя.

Коэффициент Пуассона принимается равным для грунтов: крупнообломочных - 0,27; песков и супесей - 0,30; суглинков - 0,35; глин - 0,42 [3].

По результатам предыдущего исследования [5] определено, что стабилизация давления в фундаментной плите не зависит от модуля деформации грунта.

$$\sigma = C_1 \omega$$

C_1 – коэффициент сжатия, связывающий интенсивность вертикального отпора грунта с его осадкой;

σ – вертикальный отпор грунта (значение R_z в модели SCAD)

ω – осадка S

$$t = C_2 \frac{\partial \omega}{\partial x}$$

C_2 – коэффициент сдвига, дает возможность выразить интенсивность вертикальной силы сдвига t .

После осуществления расчета коэффициентов постели с их помощью для модели девятиэтажного кирпичного бескаркасного здания на монолитной фундаментной плите было задано упругое основание – песок среднезернистый под всей площадью фундаментной плиты и линза из суглинка в ее центре. Заданы характеристики грунтов: толща грунта 5 м, модуль деформации для песков 20 МПа, для суглинков 10 МПа, коэффициент фильтрации 15 м/сут. для песков и 0,1 м/сут. для суглинков. Остальные характеристики определены расчетом. Созданы поэтажные модели для каждого из этапов возведения здания, при этом для каждой из модели использовались заранее определенные для данного промежутка времени коэффициенты постели. Расчет моделей также был произведен для промежутка времени после возведения здания до полной стабилизации деформаций грунтового основания.

Дополнительно был выполнен расчет по традиционному методу, при котором не учитывается деформация грунтового основания во времени. По результатам расчетов было выявлено, что, в случае учета фильтрационной консолидации, значения напряжений в подошве фундаментной плиты, равные реактивному отпору грунта R_z , значительно превышают значения, полученные при традиционном расчете (рис. 1).

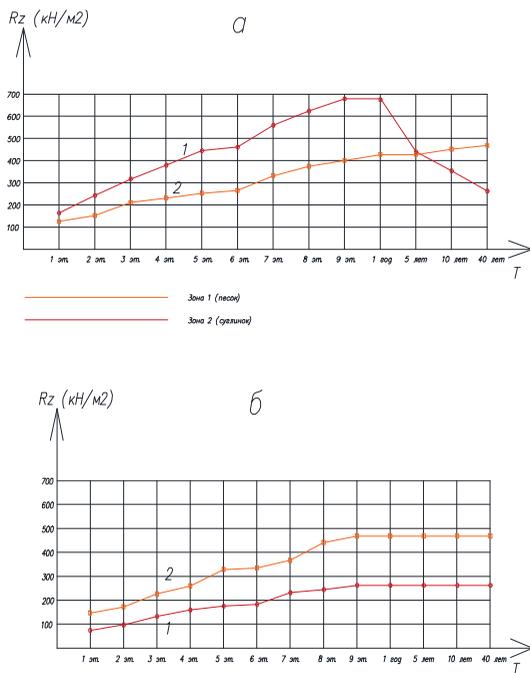


Рис. 1. График изменения R_z во время возведения здания:

а - при расчете с учетом фильтрационной консолидации,

б - при стандартном расчете

Анализируя полученные данные, следует отметить, что напряжения, полученные при поэтажном расчете с учетом фильтрационной консолидации, при стабилизации деформаций спустя 40 лет после возведения здания принимают те же значения, что и при традиционном расчете. По результатам анализа отмечается, что учет повышенных напряжений необходим, поскольку в случае пренебрежения

результатами такого расчета при осадке водонасыщенного грунта в процессе возведения здания в монолитной железобетонной фундаментной плите могут возникать критические напряжения, ведущие к ее деформации, разрушению, что также может негативно сказываться на напряженно-деформированном состоянии других несущих конструкций здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цытович Н.А.* Механика грунтов / Н.А. Цытович. М.: Госстройиздат, 1963. 636 с.
2. *Пастернак П.Л.* Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели / П.Л. Пастернак. М.: Госстройиздат, 1954. 56 с.
3. СП 22.13330.2010 ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2011. 162 с.
4. *Кюккер А.Е.* Исследование напряженно-деформированного состояния здания с учетом фильтрационной консолидации грунтового основания / А.Е. Кюккер, А.А. Грибков, С.А. Тумаков // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сборник материалов конференции. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 522-525.
5. Грибков А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния здания с учетом фильтрационной консолидации грунтового основания / А.А. Грибков, А.Е. Бунегина, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 1189 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ

А.В. Данилов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается исследование собственных колебаний высотного сооружения в зависимости от профиля сечения элементов. Раскрывается необходимость вычисления собственных колебаний здания.

Ключевые слова: Structure CAD, собственные колебания, динамическая нагрузка.

THE RESEARCH OF THE EFFECT OF NATURAL VIBRATIONS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF A HIGH-RISE STRUCTURE

A.V. Danilov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the study of natural vibrations of a high-rise structure depending on the section of elements. The necessity of calculating the natural vibrations of a building is revealed.

Keywords: Structure CAD, natural vibrations, dynamic load.

Колебания высотного сооружения при ветровом воздействии могут быстро привести к его разрушению, если возникнет резонанс, и амплитуда достигнет чрезмерных значений. Однако, обычно колебания не являются настолько энергичными, чтобы нанести вред конструкциям сооружения, однако могут доставить серьезный дискомфорт людям, находящимся на верхних этажах.

Горизонтальные силы. Вызванные ветром или землетрясением, создают различные комплексные движения и деформации в строительных сооружениях с повышенной высотностью. Защита строительных сооружений от такого рода изменений является одной из главных задач проектирования несущих конструкций, активных по высоте, и может даже явиться причиной выбора самой строительной формы.

Цель динамического расчета конструкций зданий следующая: определение динамических нагрузок и их классификация по частотности и динамичности; расчет собственных колебаний и определение основных динамических характеристик зданий; расчет вынужденных колебаний и определение амплитуды динамических перемещений и проверка выполнения физиологических и технологических требований по ограничению уровня колебаний; определение амплитуды внутренних усилий в конструкциях и проведение расчета на прочность и выносливость.

В соответствии с [1] ветровая нагрузка для зданий и сооружений определяется как сумма статической и динамической составляющих. Статическая составляющая, соответствующая установившемуся скоростному напору, учитывается во всех случаях. Динамическая составляющая, вызываемая пульсациями скоростного напора, учитывается при расчете: сооружений с периодом собственных колебаний более 0,25 с (мачт, башен, опор ЛЭП, дымовых труб и т.п.), многоэтажных зданий, высотой более 40 м; поперечных рам одноэтажных однопролетных промышленных зданий высотой более 36 м при отношении высоты к пролету более 1,5.

Рассматривается разработанная пространственная модель башни из различных вариантов стальных элементов высотой 78 м.

Геометрическая и конечно-элементная пространственная модель здания создана с использованием компьютерной технологии вычислительного программного комплекса (ПК) StructureCAD.

Построена модель башни высотой 78 м по серии 3.400-8 «Стальные конструкции вытяжных башен с одним газоотводящим стволом». Выпуск 2 (рис. 1).

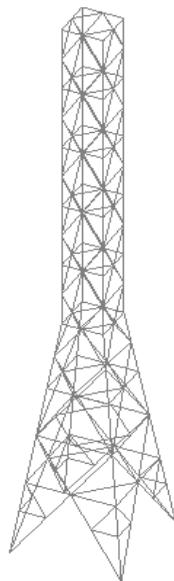


Рис. 1. Расчетная схема

С целью проверки жесткостных характеристик разработанного проекта башни, а также проверки рациональной компоновки разработанной пространственной конечно-элементной модели высотного сооружения, был выполнен расчет сооружения на собственные колебания по программному комплексу StructureCAD. При выполнении динамических расчетов учитывалось 3 формы собственных колебаний.

Для исследования собственных колебаний было создано 8 моделей, 4 из которых были выполнены из трубчатых элементов, различных диаметров. Остальные модели запроектированы из уголков равнополочных, также различные по размерам.

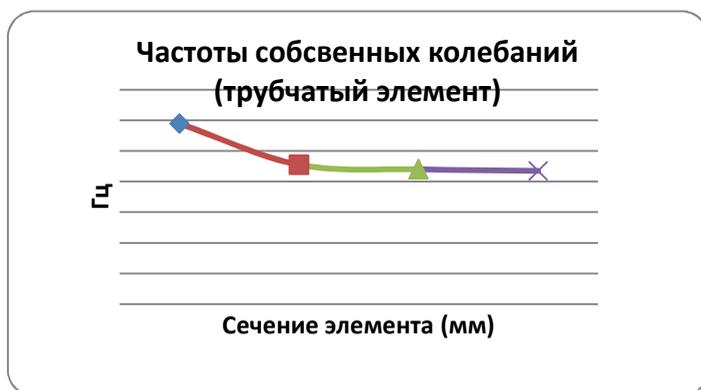


Рис. 2. График зависимости частоты собственных колебаний от сечения элемента (трубчатые элементы)

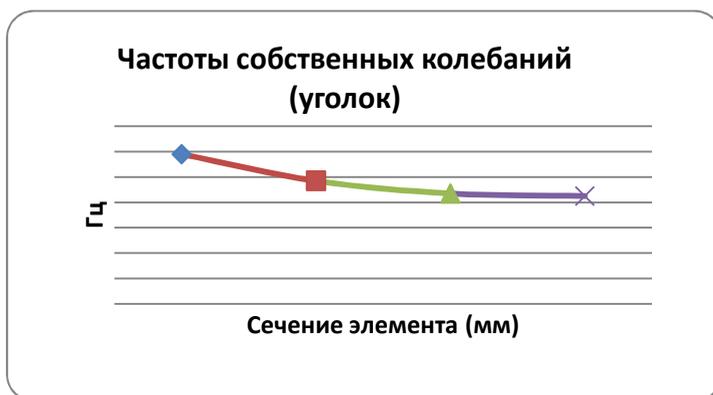


Рис. 3. График зависимости частоты собственных колебаний от сечения элемента (уголок)

При расчете собственных колебаний сооружений учитывался собственный вес башни, а также был произведен расчет гололедной нагрузки по каждой из схем в частности, учитывая размеры сечений элементов.

После задания нагрузок все статические загрузки переводились в динамические для произведения динамического расчета в программном комплексе SCAD.

Заключение.

Исследовав зависимость частоты собственных колебаний башни от размеров сечений элементов, установлено, что при увеличении размеров элементов, а следовательно и массы всей конструкции, собственная частота колебаний сооружения уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова". 104 с.
2. *Сорокин Е.С.* Динамический расчет несущих конструкций зданий. Госстройиздат, 1956. 329 с.
3. ГОСТ Р 54859-2001 «Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний».
4. *Арсентьева А.А.* Расчет собственных колебаний здания в вычислительном программном комплексе Structure CAD / А.А. Арсентьева, А.В. Данилов, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. с. 774-777.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.В. Миков, А.Л. Балускин

Научный руководитель – **А.Л. Балускин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются методы оптимизации конструктивно-технологических решений по монтажу энергоэффективных наружных ограждающих конструкций. Представлены основные решения по изготовлению навесных вентилируемых фасадов совместно со стеновыми панелями путем укрупнительной сборки с использованием заводской технологии.

Ключевые слова: ограждающая конструкция, навесной вентилируемый фасад, кронштейны фасадные, утеплитель, стеновые панели, бесшпильный монтаж.

METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF HINGED VENTILATED FACADES IN CIVIL CONSTRUCTION

A.V. Mikov, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the methods of optimization of constructive-technological solutions for the installation of energy-efficient exterior walling. It presents the main solutions for the manufacture of hinged ventilated facades in conjunction with wall panels by pre-assembling using factory technology.

Keywords: walling, hinged ventilated facade, facade brackets, heat insulation, wall panels, loopless installation.

Ограждающая конструкция с использованием навесных вентилируемых фасадов (НВФ) сегодня является весьма распространенной. Метод возведения НВФ состоит в устройстве стенового ограждения в виде самонесущих стен из различных материалов (кирпич, блок и т.д.). Далее

выполняется поэлементная сборка НВФ на формируемой плоскости фасада, предусматривающая наличие большого числа технологически сложных рабочих операций, требующих инструментального контроля [1].

Выполнение рабочих операций по установке кронштейнов, монтажу утеплителя, направляющих и облицовочных элементов требует участия высококвалифицированных рабочих. Особое место в производстве работ отводится геодезическим работам, с помощью которых контролируется проектное размещение конструктивных элементов [2].

Выполнение рабочих операций по монтажу утеплителя, облицовке и регулированию ее проектного положения возможно только с внешней стороны фасада. Следовательно, при производстве работ с помощью указанного метода возведения НВФ необходимо применять строительные леса, фасадные подъемники, платформы, люльки и другие средства механизации, обеспечивающие возможность производства работ и доступ к конструктивным элементам ограждающих конструкций с внешней стороны. Удельные трудозатраты по устройству 1 м² НВФ могут составлять от 0,5 до 2 чел.-дн. Стоимость работ по устройству 1 м² НВФ в первом квартале 2019 г. составляет 2000...8000 руб./м². Монтаж с подвесных люлек является наиболее трудозатратным, но в то же время наиболее дешевым вариантом устройства НВФ [3].

С увеличением высотности зданий усложняется контроль качества. Возрастают трудоемкость рабочих процессов, связанных с транспортировкой материала и монтажом, заделкой стыков и узлов.

В данной публикации описывается разработанная индустриальная технология возведения НВФ, основанная на методе укрупнительной сборки, предусматривающая значительное сокращение трудозатрат.

Важной особенностью представленных конструктивно-технологических решений является то, что их применение не влияет на изменение материалоемкости фасада. Применению поточного метода производства конструкций позволит добиться сокращения удельной стоимости ограждающих конструкций. Представленная технология применима как в монолитном, так и в крупнопанельном домостроении.

В основу метода принята технология заводского производства железобетонных ограждающих элементов шириной, равной осевому размеру между внутренними несущими стенами. Изготавливаются плоские панели с оконными и дверными проемами (для лоджий и балконов), а также пространственные, например, эркеры (рис. 1) [4].

Производство работ по устройству панелей вентфасада осуществляется на технологической линии с постами, на которых выполняются следующие операции:

- После тепловой обработки бетона стеновых панелей (плоских или пространственных) и достижением прочности не менее 70 % осуще-

ствляется установка кронштейнов и распорных анкеров.

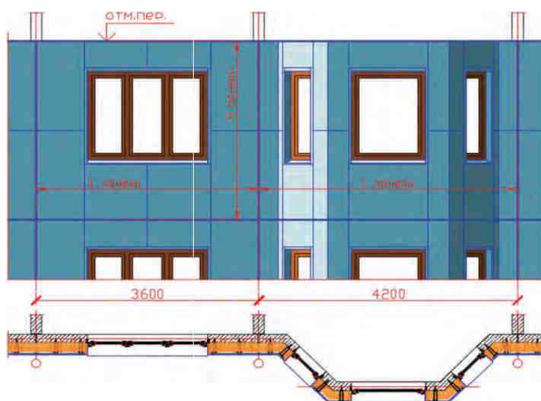


Рис. 1. Схема размещения вентфасадных панелей на фрагменте типового этажа панельного дома

- Наличие кронштейнов дает основание для утепления поверхности минераловатными плитами. При установке утеплителя используются жесткие и полужесткие плиты с расчетной толщиной для соответствующего климатического региона [5].

- Установка подсистемы и окончатальная облицовка панелями (кассеты, фиброцемент, керамогранит и т.д.) производится на технологической линии с соблюдением последовательности монтажа и технологических операций.

В противовес выше представленному методу изготовления вентфасадных панелей существует классический способ изготовления трехслойной стеновой панели, включающий последовательную укладку в бортоснастку с проемообразователем арматуры и бетона наружного конструктивного слоя, его укладку, установка гибких связей и теплоизолирующего слоя, арматуры и бетона конструктивного внутреннего слоя, разравнивание и затирку его наружной поверхности, тепловлажностную обработку отформованной стеновой панели, по окончании которой производят распалубку, кантование в вертикальное положение и установку в проем готового оконного блока.

Недостатками этого способа является большие затраты энергии на тепловлажностную обработку, недостаточно высокое качество лицевых поверхностей, отсутствие возможности изготовления пространственных панелей, наличие мостиков холода и необходимость наличия камеры тепловлажностной обработки и технологических транспортных средств для перемещения форм [6].

Описанная в публикации индустриальная технология возведения НВФ, основанная на методе укрупнительной сборки, особое внимание уделяется разработке средств механизации для установки панелей в проектное положение. При возведении крупнопанельных зданий первоначально устанавливают вертикальные несущие конструкции внутренних стен. При этом должен соблюдаться монтажный горизонт, положение панелей в соответствии с осями разбивки перекрытий с обязательным расчетом технологических допусков изготавливаются панели вентфасада.

Их монтаж осуществляется с использованием башенных кранов. Необходимо применять систему беспетлевого монтажа с траверсы (рис. 2). Такое решение позволяет получать единый монтажный горизонт и простое размещение панелей. При наличии возможных отклонений, доводка панелей производится с использованием выверочных домкратов и телескопических подкосов.

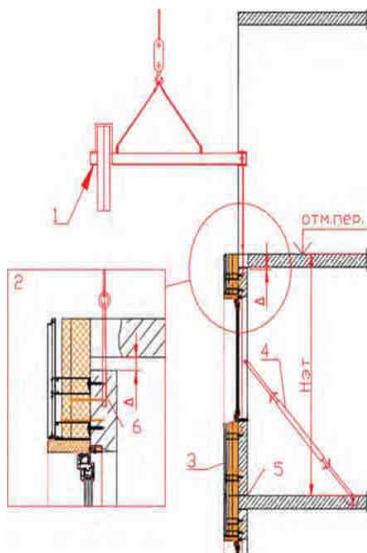


Рис. 2. Схема установки фасадной панели: 1 – траверса с противовесом; 2 – беспетлевой монтаж панели; 3 – панель вентфасада; 4 – телескопический подкос для выверки панели; 5 – выверочные домкраты

При разработке схемы производства и приемки работ по устройству панелей были учтены требования СП 70.13330-2012 (Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87), СП 48.13330-2011 (Организация строительства. Актуализированная ре-

дакция СНиП 12-01-2004), ГОСТ 11024-2012 (Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия) и ГОСТ 13015-2012 (Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения). При разработке индустриального метода возведения энергоэффективных ограждающих конструкций были предусмотрены требования правил законодательства Российской Федерации, а также требования СНиП 12-03-2001 (Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования).

Использование вентфасадных панелей заводского производства позволяет снизить трудоемкость работ в 4-6 раз с обеспечением высокого качества фасадных работ. За счет использования сборных конструкций исключаются кладочные работы по возведению самонесущих стен, снижается объем работ по оштукатуриванию внутренних поверхностей. Снижается стоимость производства работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жунин А.А.* Методы сокращения трудозатрат и улучшения контроля качества работ при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 137-141.
2. *Ивакина Ю.Ю.* Повышение эффективности навесных вентилируемых фасадов. М.: Книга по требованию, 2011. 112 с.
3. Оценка эффективности организационно-технологических решений при выборе средств механизации производства строительномонтажных работ / М.С. Вайнштейн, Б.В. Жадановский, С.А. Синенко и др. // Научное обозрение. 2015. № 13. С. 123-128.
4. *Афанасьев А.А.* Индустриальная технология возведения энергоэффективных ограждающих конструкций / А.А. Афанасьев, А.А. Жунин // Технология и организация строительного производства. 2014. № 2 (7). С. 28-30.
5. *Малявина Е.Г.* Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика, 2009. № 1. С. 4-7.
6. Патент "Способ изготовления трехслойной стеновой панели". 2002. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2190523> (дата обращения: 07.03.2019).

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР СТАЛЬНЫХ РАМ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Т.Г. Окунева, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается история применения в качестве несущего каркаса здания рам переменной жесткости, а также преимущества применения рам переменного сечения в строительстве. Рассмотрен статический расчет рамы цеха глубокой переработки молока с помощью программного комплекса. Раскрывается возможность применения рам переменного сечения в строительстве.

Ключевые слова: рама переменной жесткости, стальные конструкции, статический расчет.

HISTORICAL REVIEW OF VARIABLE SECTION STEEL FRAMES AND THEIR APPLICABILITY IN CONSTRUCTION

T.G. Okuneva, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article reviews the history of the use of frames of variable rigidity as a bearing frame of a building, as well as the advantages of using frames of variable cross-section in construction. The static analysis of the frame of a high-level milk processing shop with the help of a software package is examined. The possibility of using frames of variable section in construction is revealed.

Keywords: variable rigidity frame, steel structures, static analysis.

Первоначально металлические конструкции выполнялись из отдельных стержней, объединенных в плоские или пространственные решетчатые конструкции (фермы, арки, купола и т.д.) и были во многом аналогичны давно известным конструкциям из дерева. Элементы таких

конструкций работали в основном на осевые нагрузки. При этом пояса ферм или арок воспринимали усилия от изгибающего момента, а решетка – от перерезывающей силы. Широкое распространение решетчатых конструкций было обусловлено массовым производством кованых и прокатных профилей, удобством соединения этих элементов при помощи заклепок и болтов в единую конструкцию, достаточно простыми методами расчета этих конструкций.

Сплошностенчатые конструкции, сечения которых составлялось из отдельных плоских листов, начали применяться несколько позже и в гораздо меньших объемах, чем решетчатые.

Использование сплошностенчатых конструкций первоначально сдерживалось технологической сложностью и высокой трудоемкостью объединения отдельных листов в единое сечение при помощи большого числа заклепок и дополнительных уголков, а также отсутствием достаточно разработанных методов расчета таких элементов. Однако, ряд положительных качеств сплошностенчатых конструкций, а именно: малые габариты, высокая жесткость, возможность сопряжения элементов друг с другом в любом месте и так далее, постепенно расширяли область их применения.

Широкое применение сплошностенчатых конструкций, в основном двутаврового сечения, началось после внедрения электросварки, особенно автоматизированной. Сварные двутавры начали использоваться в качестве подкрановых балок, элементов каркаса здания, в пролетных строениях мостов и т.д. Сплошностенчатые сварные конструкции из листовой стали позволили отказаться от большого количества мелких конструктивных и соединительных элементов, присущих решетчатым конструкциям.

Соединение элементов сечения из листовой стали непосредственно друг к другу и встык обеспечило высокую статическую и вибрационную прочность этих конструкций. Сплошностенчатые конструкции позволили в наибольшей степени механизировать и автоматизировать процессы обработки, сборки и сварки. Многие металлические конструкции, традиционно выполняемые в виде решетчатых, стали с успехом осуществляться в сплошностенчатых. При этом некоторое увеличение массы их основного сечения зачастую с избытком компенсируется исключением массы соединительных элементов, возможностью использования стенки для восприятия одновременно продольной и поперечной сил и уменьшением общей высоты сечения, а следовательно и строительного объема здания. Широкое применение находят каркасы зданий в виде сплошностенчатых рам постоянного или переменного сечения.

Производство элементов рамных конструкций зданий различных размеров очертаний и сечений имеет одну технологическую базу, что

делает возможным выпускать каркасы зданий различных размеров и конфигураций на одном наборе оборудования [1].

Применение рам переменного сечения позволяет уменьшить нагрузки на фундаменте посредством уменьшения металлоемкости за счет подбора сечения элемента в зависимости от воспринимаемой им нагрузки. Для рам с постоянным сечением соответствует бесшарнирная статическая схема, а для рам переменного сечения соответствуют двух- или трехшарнирные статические схемы.

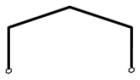
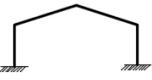
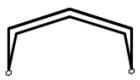
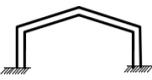
	Трехшарнирная	Двухшарнирная	Бесшарнирная
Статические схемы			
Эпюры изгибающих моментов			
Тектонические формы			

Рис. 1. Зависимость тектонических форм порталных рам от их статических схем

В данной работе рассматривается практическое применение выполнения статического расчета рамы переменного сечения в программно-вычислительном комплексе «SCAD» по нормам [3]. Проектируемое здание – цех глубокой переработки молока в селе Головино, Ярославской области. Рассмотрим раму переменного сечения, подобранную по серии 1.420.3-37.06 «Каркасы стальные «УНИМАК-Р1» [2].

Габариты рам: пролет 18 м; высота до верха карнизного узла 4,8 м, в коньке – 5,8 м. В качестве ограждающих конструкций кровли используются панели типа «Сэндвич», которые укладывают по металлическим прогонам.

При выполнении статического расчета рама переменного сечения рассматривается как плоская рама. Отдельные элементы рамы переменной жесткости разбиваются на 5 участков.

По результатам статического расчета в программно-вычислительном комплексе «SCAD» получены значения изгибающих моментов (рис. 2).

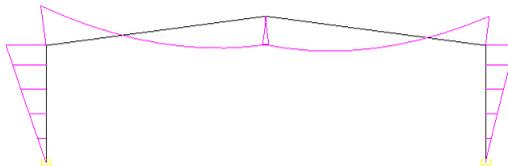


Рис. 2. Эпюра изгибающих моментов

По эпюре изгибающих моментов можно определить, что опасным сечением, в котором момент принимает максимальное значение, является узел примыкания ригеля к стойке. В данном узле сечение должно быть максимально развитым. Тектоническая форма двухшарнирной рамы переменного сечения соответствует этому условию.



Рис. 3. Значения перемещений узлов от расчетных нагрузок, мм

Перемещения полученные в результате расчета значительно меньше предельных значений, указанных в [4], что соответствует эстетико-психологическим требованиям и гарантирует безопасную эксплуатацию конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Катюшин В.В.* Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство). М.: ОАО «Издательство Стройиздат», 2005. 656 с.
2. Серия 1.420.3-37.06. Каркасы стальные «Унимак-Р1»: справ. изд-е. КЗЛМК «Маяк», 2007. 194 с.
3. СП 16.13330-2017 «Стальные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-23-81*, Минстрой России. М.: ЦИТП Минстроя России, 2017. 145 с.
4. СП 20.13330-2016 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. Минстрой России: М.: ЦИТП Минстроя России, 2016. 104 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ОТ ЭТАЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ

А.М. Протасов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается расчет по определению частот собственных колебаний каркаса монолитного железобетонного многоэтажного здания, и исследование влияния этажности каркаса здания на частоты собственных колебаний, в программном комплексе SCAD++ Office (Сервисный контракт 800908099).

***Ключевые слова:** расчетная схема, динамическое воздействие, пульсационная составляющая, предельная частота.*

RESEARCH OF THE FREQUENCIES OF NATURAL VIBRATIONS FROM THE AMOUNT OF FLOORS OF A REINFORCED CONCRETE FRAMEWORK OF A CIVIL BUILDING

A.M. Protasov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the calculation of determining the natural vibration frequencies of a monolithic reinforced concrete frame of a high-rise building and the study of the effect of the height of the building framework on the natural vibration frequencies in the SCAD ++ Office software package (Service Contract 800908099).

***Keywords:** design scheme, dynamic effect, pulsation component, limiting frequency.*

Частоты собственных колебаний – важнейшие характеристики сооружения, определяющие его отклик на внешние динамические нагрузки. Методы расчета на ветровые, вибрационные, сейсмические и другие динамические воздействия основываются на предварительном определении частот собственных колебаний рассчитываемого сооружения.

Целью данной работы является определение зависимости частот собственных колебаний от этажности здания. В качестве примера секцию построенного в городе Ярославле многоэтажного монолитного железобетонного каркаса гражданского здания. Каркас здания: колонны 400x400 мм высотой первого этажа 3.3 м, а последующих 3.0 м из бетона В25; плиты перекрытия толщиной 220 мм из бетона В25; лестнично-лифтовой блок толщиной монолитных стен 200 мм из бетона В25.

Для практических целей часто бывает достаточно найти наименьшую частоту, представляющую наибольшую опасность в смысле возможности возникновения резонанса, потому что резонанс на низшей частоте приводит к большому динамическому эффекту. Поэтому низшую частоту иногда называют частотой основного тона колебаний. Следующий по порядку тон колебаний называется первым обертоном.

На первом этапе решения данной задачи составим расчетную схему в программном комплексе SCAD++ Office (Сервисный контракт 800908099) (рис. 2).

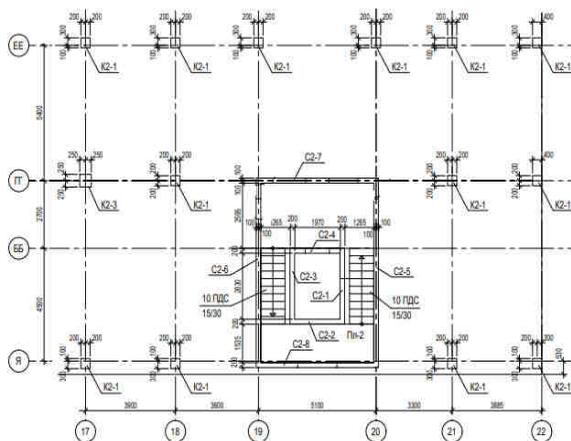


Рис. 1. Схема расположения элементов монолитного железобетонного каркаса

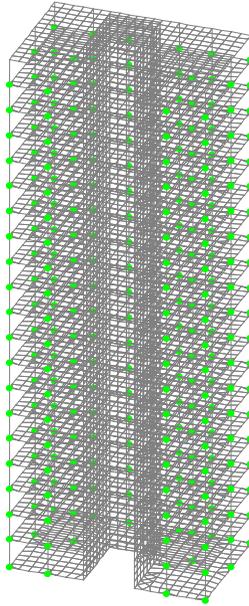
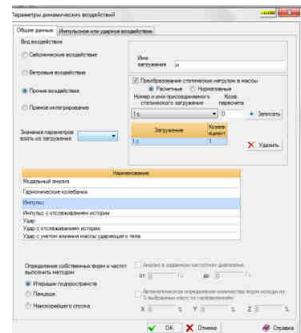
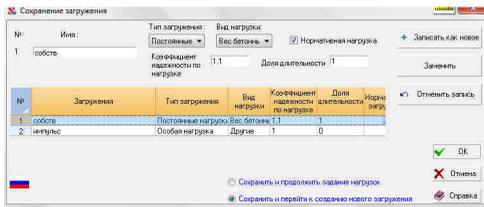


Рис. 2. Расчетная схема в программном комплексе SCAD++ Office



Следующим этапом загрузим схему собственными нагрузками и произвести расчет на динамические воздействия от собственной нагрузки здания.

Из этого расчета нам потребуются первые три формы частот собственных колебаний монолитного железобетонного каркаса многоэтажного здания, последующие формы, а их может быть множество, нас не

интересуют, так как при расчете на динамические воздействия используются только первые три формы частот собственных колебаний.

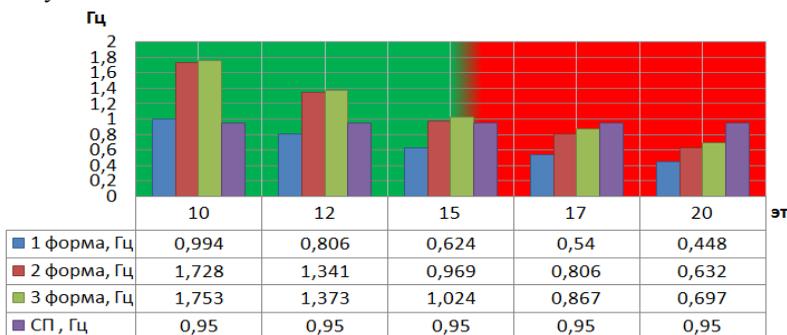
Частоты собственных колебаний

Условные обозначения: S - Сумма модальных масс

Частоты собственных колебаний								
Загружение	Форма	Собств. значение	Частота		Периоды (сек)	Модальные массы (%)		
			1/сек	Гц		Mx	My	Mz
2	1	0,355	2,815	0,448	2,231	12,062	0,057	0
2	2	0,252	3,969	0,632	1,582	0,187	64,651	0,004
2	3	0,229	4,375	0,697	1,435	56,913	0,125	0
2	S					69,163	64,833	0,004

Далее проделываем те же действия с такими же конструктивными параметрами монолитного железобетонного многоэтажного здания, но меняя конструктивную схему, так как мы меняем этажность здания. В исследовании брались 10ти, 12ти, 15ти, 17ти и 20ти этажные здания.

Полученные частоты собственных колебаний следует сравнивать с предельной частотой собственных колебаний в зависимости от ветрового района, поэтому и было принято решение проверить, как частоты собственных колебаний изменяются при изменении этажности. В СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия" по ветровому району можно узнать предельную частоту собственных колебаний, так как Ярославль находится в I ветровом районе, следовательно предельная частота собственных колебаний равняется 0,95 Гц. Сведем полученные данные в диаграмму.



На диаграмме видно, что с 10-го по 15-тый этаж, вторая форма частоты собственных колебаний больше предельной, следовательно нор-

мативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки можно определить по формуле

$$w_p = w_m \times \xi(z_l) \times V,$$

где w_m - нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли

$\xi(z_l)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице для эквивалентной высоты

V - коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Выше 15 этажей частота собственных колебаний уже ниже предельной, и СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия" не дает гарантированных данных, а ссылается на динамический расчет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М., Стройиздат, 1972. 511 с.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. *Протасов А.М.* Моделирование и расчет на определение частот собственных колебаний в системе MathCad / А.М. Протасов, А.В. Данилов, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. С. 795-799.

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ВЕСА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

А.И. Рожнова, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены способы уменьшения собственного веса монолитных железобетонных безбалочных перекрытий с помощью новых технологий.

***Ключевые слова:** вкладыши, бетон, железобетонные перекрытия, новые технологии.*

WAYS TO REDUCE SELF-WEIGHT OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE BEAMLESS SLABS

A.I. Rozhnova, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the ways to reduce the weight of monolithic reinforced concrete unbalanced floors with the help of new technologies.

***Keywords:** inserts, concrete, reinforced concrete floors, new technologies.*

В соответствии с требованиями СП 52-103-2007 п.7.8 Железобетонные монолитные конструкции зданий рекомендуется уменьшать массу плит перекрытий. Т.к. толщина плиты перекрытия 200 мм, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\gamma_f = 1,1$. Собственный вес плиты перекрытия составляет $5,5 \text{ кН/м}^2$. Нагрузка на перекрытия от перегородок и конструкции пола составляет $1,0 \text{ кН/м}^2$. Соответственно $g_{\text{перекр}}$ составит $6,5 \text{ кН/м}^2$. В соответствии с п.7.8 СП 52-103-2007 для снижения массы перекрытий рекомендуется применять легкие бетоны, пустотелые вкладыши или вкладыши в виде плит и блоков из особо легких бетонов.

В связи с этим уместно применение технологий монолитных, пустотных, кессонных перекрытий, а также перекрытий с применением технологии BubbleDeck.

Преимущества монолитных перекрытий:

- Необходимые строительные материалы, можно легко купить у многих поставщиков;
- Формы монолитной плиты перекрытия, могут быть нетипичными;
- Имеют небольшую высоту (толщину);
- Низ монолитного железобетонного перекрытия, в виде ровной однородной поверхности, облегчает штукатурные работы;
- Обеспечивают достаточную звукоизоляцию (особенно от воздушных звуков);
- Для монтажа, нет необходимости в использовании тяжелого оборудования.

Недостатки:

- Трудоемкость строительных работ;

На рис. 1 представлено монолитное перекрытие.

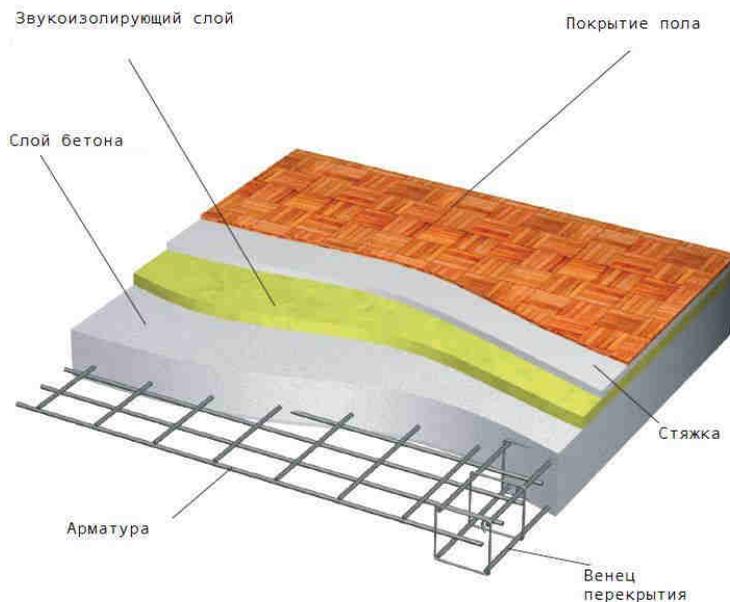


Рис. 1. Монолитное сплошное перекрытие

Преимущества кессонных перекрытий:

- Значительная экономия материалов;
- Увеличение несущей способности;
- Снижение нагрузок на фундамент здания;
- Абсолютно свободная планировка за счет увеличения пролета здания;
- Архитектурная выразительность.

Недостатки технологии:

- Трудоемкость выполнения работ;
- Нецелесообразность применения данной технологии при малых пролетах здания.



Рис. 2. Перекрытия кессонного типа

Технология BubbleDeck для устройства облегчённых железобетонных перекрытий применяет технологический арматурный модуль для пространственной фиксации пустотообразователей в теле плиты в проектном положении и предотвращения изменения этого положения в ходе бетонирования. В арматурном каркасе располагают пустотообразователи, изготовленные из вторичного полипропилена. Арматурные модули, в основном, предназначены для использования в монолитных железобетонных перекрытиях.

Технология BubbleDeck представлена на рис. 3.

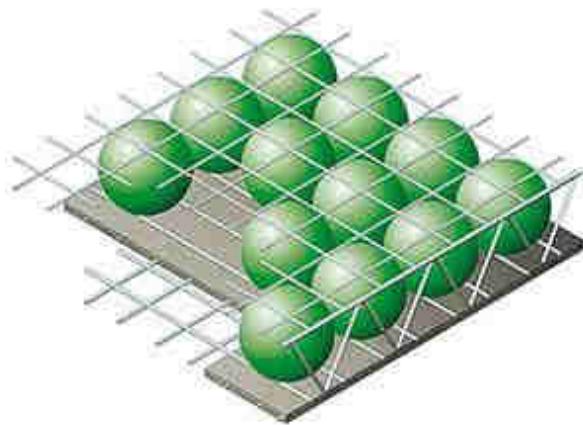


Рис. 3. Вкладыши технологии BubbleDeck

Анализ технико-экономических показателей технологий.

Таблица 1. Технико-экономические показатели конструкций перекрытий для ячейки 6х6 м, под нагрузку $q = 1$ т

	Расход бетона, M^3	Расход арматуры, кг
Монолитное сплошное перекрытие $t = 220$ мм	7,92	227,52
Кессонное перекрытие $t = 460$ мм	13,36	245,2
Перекрытие BubbleDeck $t = 300$ мм	5,4	176,2

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что технология BubbleDeck имеет преимущества по сравнению с другими видами перекрытий.

Применение данной систем позволяет экономить строительные материалы и энергию, а также приводит к:

- снижению веса плит и ,как следствие, возможности увеличению пролётов плит и шага вертикальных конструкций без дополнительных мероприятий;
- уменьшению расхода бетона, необходимого для изготовления плит;

- возможности применения более эффективных конструктивных схем междуэтажных перекрытий (безбалочные плиты, шатровые оболочки и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Минрегион России 2011.
2. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий. Минрегион России 2007.
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

УДК 69.07

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА С УЧЕТОМ
ПОДАТЛИВОСТИ СТЫКОВ**

Д.С. Ергина, А.Л. Балускин

Научный руководитель – **А.Л. Балускин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние учета податливости сопряжения элементов при моделировании расчетной схемы сборных железобетонных каркасов.

***Ключевые слова:** сборные железобетонные конструкции, податливость, распределение усилий, армирование.*

**THE RESEARCH OF THE STRESS-STRAIN STATE
OF ELEMENTS OF A PRECAST REINFORCED CONCRETE
FRAMEWORK TAKING INTO ACCOUNT THE FLEXIBILITY
OF JOINTS**

D.S. Ergina, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article examines the impact of the pliability of the coupling of elements in the modeling of the design scheme of reinforced concrete frames.

***Keywords:** reinforced concrete structures, pliability; distribution of forces; reinforcement*

Применяемые на практике идеализированные расчетные схемы рам сборных железобетонных каркасов с шарнирными или жесткими узлами сопряжения элементов, не точно описывают их реальные взаимодействия. Более объективную картину работы сопряжений сборных эле-

ментов показывают расчетные схемы, учитывающие податливость стыков [4].

При реконструкции зданий со сборным железобетонным каркасом уточненные схемы позволяют оптимально подбирать и рассчитывать усиление, а при новом проектировании – снижать риски разрушения и улучшать экономические показатели.

Податливость стыка – это деформации, вызванные единичным усилием при сжатии-растяжении, сдвиге или повороте. Характеристикой упругоподатливого узла является коэффициент жесткости [1]. Рассматривается линейная (C_z) и угловая податливость (C_φ).

В расчетном комплексе ПК LIRA произведен расчет поперечной рамы сборного железобетонного каркаса здания при жестком сопряжении всех элементов (рис. 1а), при податливом сопряжении только колонн и ригелей (рис. 1б) и податливом сопряжении всех элементов каркаса (рис. 1в).

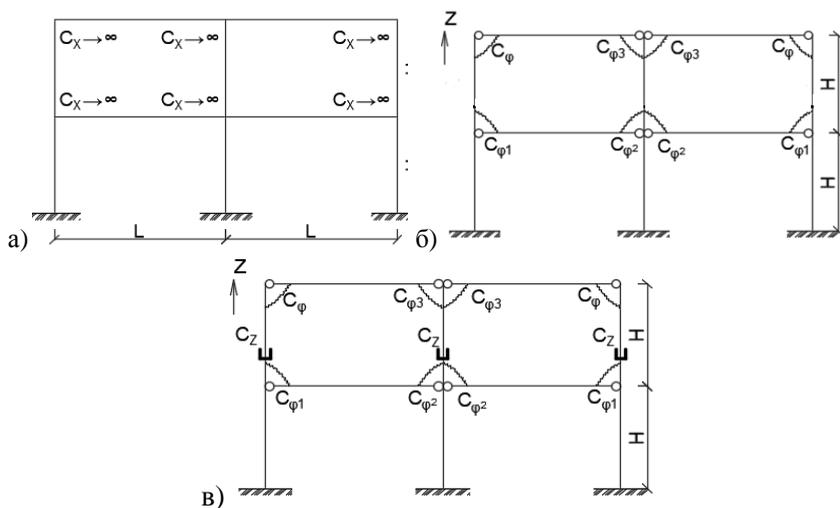


Рис. 1. Варианты расчетных схем

Конструкции рассматриваемого вертикального стыка колонн и рамного узла сопряжения ригеля с колонной с опиранием на открытую консоль представлены на рисунке 2а, 2б.

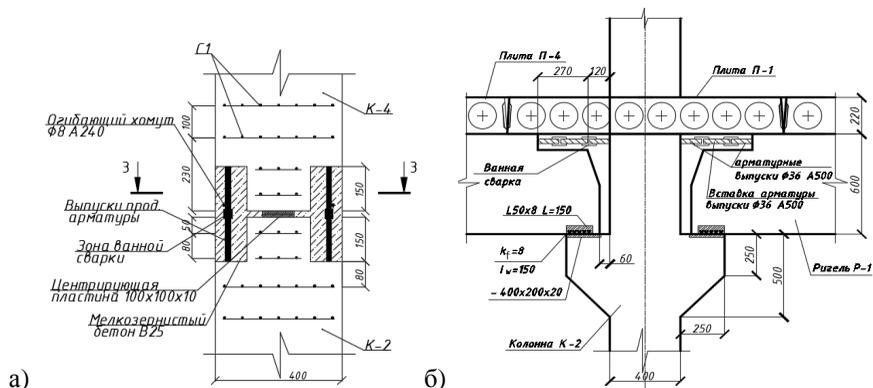


Рис. 2. Рассматриваемые типы стыков сборных железобетонных элементов:
 а – вертикальный стык колонн; б – стык ригеля и колонны

При воспроизведении стыков в ПК LIRA характеристики конечных элементов моделирующих податливость стыка (К.Э.55), согласованы с реальными характеристиками узла.

Жесткость узла в начальной стадии определяется жесткостью сварного стыка арматурных стержней и закладных деталей. В дальнейшем (после омоноличивания) на изменение жесткости влияет темп твердения бетона в стыке (изменение модуля упругости бетона во времени) [1].

В качестве объекта исследования принято трехэтажное здание торгового центра (высота этажа – 4,8 м; шаг и пролет – 6,0 м). Материал несущих конструкций каркаса: бетон В25, армированный стержневой сталью класса А500 в качестве рабочей арматуры и класса А240 – в качестве поперечной.

Выполненные расчеты бти пролетной рамы показывают, что при включении в расчетную схему конечных элементов моделирующих податливый стык колонны и ригеля изгибающие моменты в ригеле изменяются следующим образом:

- 1) Уменьшаются на первой опоре на 35%.
- 2) Во второй промежуточной опоре – 20 %.
- 3) В следующих опорах – 10%.

Включение в расчетную схему конечных элементов моделирующих податливый стык колонн между собой показывает значительное изменение усилий в ригеле на первой опоре:

- 1) Над крайней опорой в зависимости от этажа моменты уменьшаются: до 95% - в верхних двух этажах; до 50% в нижележащих этажах;

- 2) В середине пролета увеличиваются: до 50% – в верхних двух этажах; до 20 % в нижележащих.

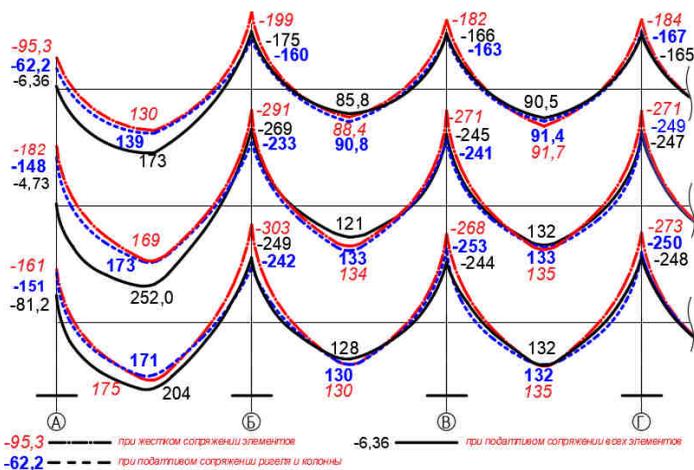


Рис. 3. Сводная эпюра моментов для трех расчетных схем, кН*м

Конструирование ригелей для трех расчетных схем показало, что требуемая площадь армирования на опорах уменьшается до 35% для ригелей верхних этажей и до 50% для первого этажа (рис. 4).

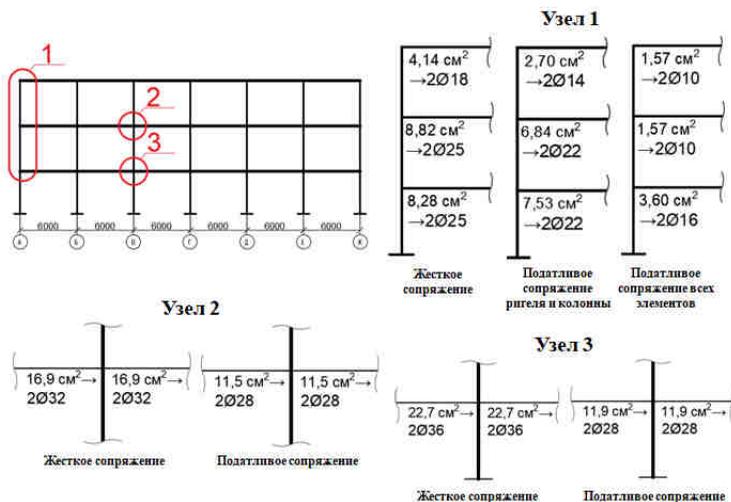


Рис. 4. Армирование ригелей на опорах

Значительное снижение площади армирования на первой опоре происходит при включении в расчетную схему податливости вертикального стыка колонн.

Руководствуясь требованиями СП 63.13330.2012 и унифицированием элементов каркаса, принимаем расчетную схему, где учитывается податливость стыка только между ригелем и колонной.

Таким образом, практическая значимость расчета каркасов сборных железобетонных зданий с учетом податливости узлов соединения отдельных элементов заключается в сокращении площади армирования конструкций на опорах.

С другой стороны, учет податливости узлов приводит к увеличению пролетных моментов, что вызывает необходимость проработки вопроса по усилению пролетных сечений.

Поэтому утверждать об экономии затрат на изготовление арматурных каркасов возможно после выполнения расчетов прочности и жесткости железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трекин Н.Н.* Рекомендации по расчету каркасов многоэтажных зданий с учетом податливости узловых сопряжений сборных железобетонных конструкций. ОАО «ЦНИИПромзданий», 2002. 39 с.
2. *Лемьш Л.Л.* Границы перераспределения усилий при расчете по прочности рамных железобетонных каркасов многоэтажных зданий / Л.Л. Лемьш, Г.Д. Лагуничева // В сб. Конструкции многоэтажных производственных зданий. М.: ЦНИИПромзданий, 1988.
3. О влиянии податливости рамных узлов на работу железобетонных каркасов при больших горизонтальных нагрузках / Г.А. Шапиро, В.Ф. Захаров и др. // В сб. Работа конструкций жилых зданий из крупноразмерных элементов. 1979. Вып. 4. С. 4-26.
4. СП XXX.1325800.2016 Конструкции каркасные железобетонные сборные многоэтажных зданий. Правила проектирования. М.: Минстрой РФ, 2016. 55 с.
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3).

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ СВАЙНОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

А.Е. Щедрёнкин, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается актуальность использования свайного основания в современных экономических условиях. Приводится анализ научно-технической документации по теме усиления деформативность свайных фундаментов. Указываются выполненные и возможные направления дальнейших исследований.

***Ключевые слова:** свайное основание, экспериментальные исследования, напряженно-деформированное состояние, программный комплекс SCAD.*

ANALYSIS OF THE IMPACT OF DEFORMABILITY OF A PILE FOUNDATION IN THE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE FRAME OF A RESIDENTIAL BUILDING

A.E. Shchedrenkin, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the relevance of using piled foundation in modern economic conditions. It presents the analysis of scientific and technical documentation on the topic of strengthening the deformability of piled foundations. The performed and possible directions of further studies are specified.

***Keywords:** piled foundation, experimental studies, stress-strain state, SCAD software package.*

В настоящей работе рассматривается вопрос взаимодействия расчета железобетонного каркаса здания со свайным основанием.

Создание точной метаматематической теории расчета очень трудно из-за сложности работы свайного основания в грунте. В связи с этим проектировщики используют разные инженерные методы расчета.

На сегодняшний день опубликовано достаточно работ связанных с анализом декоративности свайного основания. Из них подавляющее большинство посвящены вопросам исследования работы свайного основания.

В работе [1] рассматриваются различные методики расчета осадок свайных фундаментов описанные в нормативных документах - СНиП 2.02.03.-85 «Свайные фундаменты» и его актуализированной редакции СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Произведен расчет для висячих железобетонных свай, призматической формы, квадратного поперечного сечения с заостренным концом. В качестве нагрузки принято центральное воздействие без изгибающих моментов. Рассмотрен новый метод расчета осадки свайного фундамента состоящего из групп свай. Полученные результаты проанализированы и на их основании сделаны выводы.

В статье [2] представлены особенности моделирования податливости свай при применении программного комплекса SCAD, а также приведены примеры расчетов. Произведен анализ влияния параметров свай на усилия в элементах заданий, сооружений и его перемещения. В результате анализа было установлено, что для винтовых свай существенное влияние на результаты расчета оказывает диаметр уширения. А влияние диаметра ствола оказывает меньше.

В исследовании [3] произведен анализ методик расчета свайных оснований. Автор сформулировал теоретический расчет грунтов оснований и ростверка, также разработал методику определения приведённого модуля деформации. Исследователь предложил несколько вариантов моделей свайного основания, армированного сваями грунтового массива. На основаниях исследований автор сделал следующие выводы:

- 1) Метод объединённого грунто-свайного массива упрощает построение конечных элементов модели свайного основания, в котором количество свай больше 100. Также процесс ускоряет вычисления на ЭВМ.
- 2) Метод делает возможным управление жесткостью сваи свайно-грунтового массива при помощи изменения длины свай и расстояния между сваями.
- 3) Сопоставление результатов расчета задач с инженерными методами, регламентированными в нормативных документах в СНиП и СП, показало схождение результатов максимальных осадок

В своей статье Рузаев А.М. [4] подтвердил возможность использования программного обеспечения Plaxis 3D Foundation для численных исследований взаимодействия основания с грунтом. Также был разработан алгоритм оптимальных проектных решений свайных оснований, который учитывал влияние свай и работу низкого ростверка на несущую способность фундамента.

В рамках научно-исследовательской работы производится исследование влияния деформативности свайного основания при проектировании железобетонного каркаса жилого здания.

Моделирование свайного фундамента выполнено на примере проектирования многоэтажного жилого здания по адресу: пос. Сокол, д. 31а во Фрунзенском р-не г. Ярославля.

В качестве исходных данных сваи были взяты:

- 1) Длина, равная 7 м.
- 2) Площадь поперечного сечения сваи равным 0,090 м².
- 3) Модуль упругости материала сваи равным 30000,0 МПа.
- 4) Модуль сдвига грунта в пределах сваи равным 8,25 МПа.
- 5) Модуль сдвига грунта ниже конца сваи равным 15,40 МПа.
- 6) Коэффициент поперечной деформации грунта в пределах сваи равным 0,31.
- 7) Коэффициент поперечной деформации грунта ниже конца сваи равным 0,30.
- 8) Расчетная нагрузка составляет 440 Н.

Далее был произведен численный расчет осадки одиночной сваи согласно нормативному документу СП 24.13330.2011. В результате получили осадку 0,0045 м. Также осуществлено моделирование одиночной сваи в программном обеспечении SCAD.

Моделирование производилось стандартным образом. Загружение сваи рассматривали в одной плоскости, поэтому в программе расчетную схему назначили тип 2 – плоская рама. Затем вычисляли назначаемые жесткости связей по формуле

$$X_i = K \cdot z_i \cdot b_p \cdot l_i,$$

где K – коэффициент пропорциональности;

z_i – расстояние от поверхности грунта до i -й связи конечной жесткости;

b_p – условная ширина сваи;

l_i – длина i -го элемента в расчетной модели.

В программном комплексе реактивный отпор грунта на сваю назначили в виде связей конечной жесткости, выбрав элемент типа 51.

Вертикальную деформативность сваи учитывали по стандартной методике вычисления осадки одиночной сваи, реализованной в СП

24.13330.2016 «Свайные фундаменты» Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

В последующем данный подход реализован в разработке конечно-элементной модели здания в программном обеспечении SCAD и анализа с учетом деформативности свайных оснований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мельников В.А.* Сравнительный анализ методик расчета осадки свайных фундаментов / В.А. Мельников, Н.С. Алексеев, К.И. Ионов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 9. Ч. 1.
2. *Соколов В.А.* Расчет сооружений башенного типа на динамические воздействия с учетом податливости свайного фундамента и основания / В.А. Соколов, Д.А. Страхов, Л.Н. Свияков // Инженерно-строительный журнал. 2013. Т. 4, № 39. С. 46-50.
3. *Беспалов А.Е.* Напряженно-деформированное состояние оснований свайных фундаментов большой площади. М., 2009. 113 с.
4. *Рузаев А.М.* Оптимизация проектных решений свайных фундаментов с учетом взаимного влияния свай и работы низкого ростверка на их несущую способность // Электронная библиотека диссертаций «disserCat». 2010. С. 1-137.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ГИДРАТИРОВАННАЯ ЦЕМЕНТНАЯ СУСПЕНЗИЯ КАК ДОБАВКА В БЕТОННУЮ СМЕСЬ

Е.С. Егоров, С.В. Самченко

Научный руководитель – **С.В. Самченко**, д-р техн. наук,
профессор

Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)

Статья посвящена проблеме неполноценного рециклинга бетонных смесей, а именно отсутствию применения в этой технологии цементной суспензии, полученной в результате промывки бетоносмесителей. Предлагаемое решение сопровождается экспериментальными исследованиями.

Ключевые слова: рециклинг бетонных смесей, гидратация цемента, сохранение и улучшение экологии.

PRE-HYDRATED CONCRETE SUSPENSION AS ADDITION FOR CONCRETE MIXTURE

E.S. Egorov, S.V. Samchenko

Scientific Supervisor – **S.V. Samchenko**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Moscow State University of Civil Engineering

The article examines a problem of recycling technology of concrete mixture. Suspension of hydrated cement wasn't used in this kind of technology. Proposed solution is accompanied with results of experiments.

Keywords: recycling of concrete mixture, hydration of cement, environmental improvements.

В настоящее время существует проблема наличия большого количества различных отходов. Если отсутствуют технологии переработки, то осуществляют их захоронение. Это приводит к ухудшению экологии. Для решения этой проблемы производятся исследования в области использования отходов в различных производствах, например в производстве строительных материалов.

Возможно использование отхода в том же производстве, в результате которого он образовался. На таком замкнутом круговороте основаны технологии рециклинга. Благодаря им решаются задачи необходимые для разработки наилучших доступных технологий, а именно по сохранению и улучшению состояния окружающей среды и снижению стоимости производства.

После приготовления бетонных и растворных смесей на рабочих органах и стенках смесителей остаются их остатки. В результате ошибок при расчёте количества бетона также возникают остатки смеси. Существует технология рециклинга бетонных смесей [1] позволяющая использовать эти отходы для приготовления новых смесей. Однако у неё есть недостаток. Согласно этой технологии, смесь, смытая с бетоносмесительных установок, пропускают через систему промывки и просеивания. В результате смесь разделяется на крупный и мелкий заполнитель, а также цементную суспензию. Первое и второе подают в бетоносмесительный узел, третье отстаивают в специальных емкостях. Отстоявшуюся воду повторно используют при следующей промывке. Отход в виде цементного осадка в дальнейшем не находит применения, являясь, загрязняющим окружающую среду, веществом.

Очевидно, что решением этой проблемы является использование в новой бетонной смеси не только отмытого заполнителя, но и цементной суспензии. Однако перед внедрением технологии необходимо установить влияние этого предварительно-гидратированного цемента на свойства бетонной смеси.

Экспериментальные исследования проводились с использованием цемента марки 500 Д0 (СЕМ I 42,5 Н) АО «Подольск-Цемент». Предлагается использовать предварительно-гидратированную суспензию в виде добавки. На текущем этапе исследования предварительно гидратированную добавку (ПГД) получали путём двухчасовой гидратации цемента при В/Ц равном 0,7. Гидратация сопровождалась принудительным перемешиванием смеси. Добавку смешивали с водой и использовали для получения цементно-песчаных образцов размером 40x40x160 мм. Отношение цемента к песку и В/Ц принято 1:3 и 0,5 соответственно. Диапазон варьирования ПГД составлял от 0 до 7,5% от массы цемента, шаг варьирования – 2,5%. Оценивали влияние добавки на физико-механические свойства, а именно плотность и прочность на растяжение при изгибе и на сжатие. Образцы испытывались согласно ГОСТ 310.4-81 на первые и седьмые сутки, а также при марочном возрасте. Результаты экспериментального исследования представлены в таблицах 1, 2.

Установлено, что ранняя прочность образцов по сравнению с контрольным значением увеличилась во всём диапазоне варьирования при использовании ПГД, полученной в течение 2 часов. Наибольшее значе-

ние на первые сутки достигалось при использовании ПГД 7,5%, на седьмые – 5,0%. При определении прочности образцов в марочном возрасте использование ПГД 2,5 и 5,0% привело к снижению прочности на 6 и 3% соответственно, а ПГД 7,5% - к росту на 11%. Плотность образцов изменялась не значительно во всём диапазоне варьирования (таблица 2). Однако исключением являются образцы, испытанные на первые сутки, где снижение плотности составило от 3 до 9% (максимальное снижение наблюдалось при использовании ПГД 5,0%).

Таблица 1. Результаты проведения эксперимента по установлению влияния количества ПГД на прочность образцов

Состав	Средняя прочность образцов, МПа		
	1 сут.	7 сут.	28 сут.
Контрольный (0%)	$\frac{3,5}{1,4} \left(\frac{100\%}{100\%} \right)$	$\frac{17,1}{3,9} \left(\frac{100\%}{100\%} \right)$	$\frac{33,5}{6,2} \left(\frac{100\%}{100\%} \right)$
ПГД (2,5%)	$\frac{5,2}{1,7} \left(\frac{149\%}{121\%} \right)$	$\frac{19,5}{4,0} \left(\frac{114\%}{103\%} \right)$	$\frac{31,5}{5,7} \left(\frac{94\%}{92\%} \right)$
ПГД (5,0%)	$\frac{5,2}{1,9} \left(\frac{149\%}{136\%} \right)$	$\frac{21,5}{4,4} \left(\frac{126\%}{113\%} \right)$	$\frac{32,6}{6,0} \left(\frac{97\%}{97\%} \right)$
ПГД (7,5%)	$\frac{5,6}{1,8} \left(\frac{160\%}{129\%} \right)$	$\frac{19,3}{4,3} \left(\frac{113\%}{110\%} \right)$	$\frac{37,1}{6,0} \left(\frac{111\%}{97\%} \right)$

Примечание: В числителе указана прочность на сжатие, а в знаменателе прочность на растяжение при изгибе. В скобках указано процентное отношение результата к контрольному значению.

Увеличение прочности, испытанных на первые и седьмые сутки, образцов при практически неизменившейся или снизившейся плотности объясняется введением цементных частиц, в которых процессы гидратации были запущены заранее. Эти частицы выступают в роли кристаллических центров, которые интенсифицируют процессы гидратации окружающих частиц, и способствуют формированию плотного каркаса твердеющей цементной пасты [2].

С увеличением количества добавки уменьшается расстояние между кристаллическими центрами, что приводит к повышению однородности структуры и, следовательно, прочности. Динамика повышения прочности образцов с увеличением количества добавки на первые сутки и в марочном возрасте является подтверждением выдвинутой гипотезы. Однако это суждение нельзя применить к образцам, испытанным на седь-

мые сутки, где наблюдается критическая точка в середине диапазона варьирования. Для подтверждения предложенной гипотезы необходимо провести повторные испытания.

Таблица 2. Результаты проведения эксперимента по установлению влияния количества ПГД на плотность образцов

Состав	Средняя плотность образцов, кг/м ³		
	1 сут.	7 сут.	28 сут.
Контрольный (0%)	2288 (100%)	2203 (100%)	2257 (100%)
ПГД (2,5%)	2214 (97%)	2212 (100%)	2252 (100%)
ПГД (5,0%)	2092 (91%)	2245 (102%)	2251 (100%)
ПГД (7,5%)	2223 (97%)	2220 (101%)	2271 (101%)

Примечание: В скобках указано процентное отношение результата к контрольному значению.

Для установления причины снижения прочности образцов в марочном возрасте необходимо исследовать микроструктуру цементного камня на этапах его формирования.

Таким образом, на текущем этапе исследования установлено, что применение предварительно-гидратированного цемента, полученного в течение 2 часов, приводит к повышению ранней прочности и незначительному снижению, а при определённых условиях (применение ПГД 7.5%) повышению марочной прочности бетонов. Это позволяет решить проблему создания полноценной технологии рециклинга бетонных смесей, а именно возможности использования цементной суспензии. Но для всестороннего объяснения результатов и разработки технологии необходимо провести дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Остроух А.В.* Система рециклинга товарного бетона / А.В. Остроух, Н.Е. Суркова // Лучшая научная статья 2017: сборник статей XII Международного научно-практического конкурса / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2017. С. 21-24.
2. *Самченко С.В.* Формирование и генезис структуры цементного камня: Монография [Электронный ресурс]. М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. 284 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49874>

ОСОБЕННОСТИ БИОКОРРОЗИИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова

Научный руководитель – **В.Е. Румянцева**, д-р техн. наук,
профессор

Ивановский государственный политехнический университет

В связи с тем, что видовое разнообразие биодеструкторов неуклонно растёт, решение задач в области повышения биостойкости бетонных материалов и конструкций не теряет своей актуальности. Для разработки эффективных методов защиты необходимо проведение комплексных исследований процессов биокоррозии данных материалов, с учетом абиотических и биологических факторов окружающей среды.

Ключевые слова: бетон, цемент, микроорганизмы, биокоррозия.

PECULIARITIES OF CEMENT CONCRETE BIOCORROSION

S.A. Loginova, V.E. Rumyantseva, T.V. Chesnokova

Scientific Supervisor – **V.E. Rumyantseva**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Ivanovo State Polytechnic University

Due to the fact that the species diversity of biodestructors is steadily growing, the solution of problems in the field of improving the biostability of concrete materials and structures do not lose their relevance. To develop effective protection methods, it is necessary to conduct comprehensive studies of the biocorrosion processes of these materials, taking into account abiotic and biological environmental factors.

Keywords: concrete, cement, microorganisms, biocorrosion.

К настоящему времени закономерности воздействия биологических факторов на строительные материалы изучены гораздо в меньшей степени, нежели влияние абиотических факторов внешней среды (давления, температуры и т.д.) [1].

Цементные материалы – это пористые материалы, структура которых дает возможность проникновения микроорганизмам или продуктам их метаболизма из внешней среды внутрь материала. Продукты метабо-

лизма микроорганизмов катализируют процессы растворения структурных частей бетона, снижения вязкости, накопления кристаллов солей в объеме твердой фазы бетона.

Основными микроорганизмами, вызывающими биоповреждения, являются бактерии и грибы. Бактерии – одноклеточные микроорганизмы, которым присущи все виды обмена веществ; грибы – одноклеточные или многоклеточные гетеротрофные микроорганизмы. Обычно одноклеточные грибы развиваются в среде, обогащенной органическим углеродом, или на первичном слое автотрофных микроорганизмов [2]. Многоклеточные грибы секретируют метаболиты, многие из которых химически агрессивны по отношению к строительным материалам, в особенности к бетону (CO_2 , органические кислоты и т.д.) [2]. Нередко бактерии и грибы образуют биопленки на поверхности строительных материалов, которые локально генерируют высокие концентрации агрессивных метаболитов. В тоже время биопленки обычно замедляют процессы взаимодействия цементного камня с основными агрессивными компонентами окружающей среды, причем их кольтирующая способность напрямую зависит от структурной пористости материала.

В лабораторных условиях проведен ряд исследований по установлению принципов и характера биодеструкции цементного камня в водной среде. В качестве тест-культур использованы штаммы бактерий рода *Bacillus* и грибов *Aspergillus niger* van Tieghem [3]. Образцы цементного камня выдерживались в дистиллированной воде. С помощью комплексонометрического метода объемного анализа был проведен контроль содержания катионов кальция в растворах, результаты которого представлены на рис.1.

На рис. 1 представлены результаты изменения концентрации катионов Ca^{2+} в жидкой фазе для образцов из цементного камня: 1 – подверженных воздействию водной среды и грибов рода *Aspergillus niger*; 2 – подверженных воздействию водной среды и бактерий рода *Bacillus*; 3 – подверженных воздействию водной среды. Равновесная концентрация катионов кальция достигается после 70 суток пребывания образцов в агрессивной среде.

Наряду с этим отмечается увеличение значений концентрации катионов Ca^{2+} в жидкой среде в образцах, подверженных микробиологическому воздействию (рис. 1). Повышенное содержание катионов Ca^{2+} негативно влияет на общий процесс коррозионной деструкции цементного камня. В присутствии ионов Ca^{2+} (до определенной концентрации) наблюдается повышение активности ферментации бактерий [4]. Избыточное накопление ионов Ca^{2+} может привести к гибели бактериальной клетки.

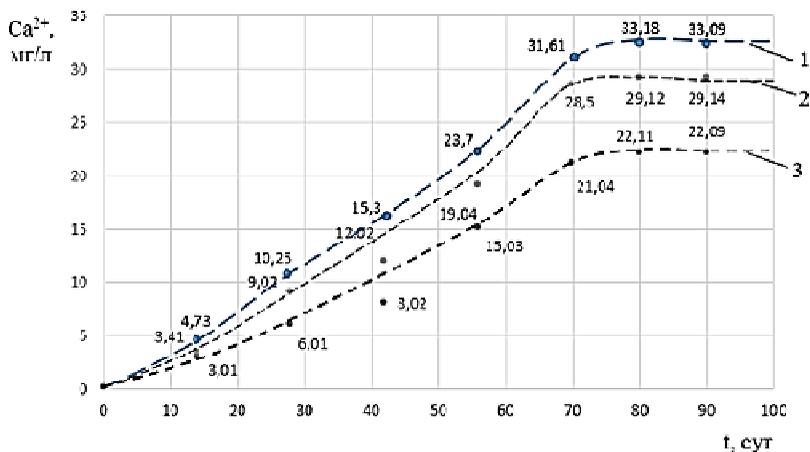


Рис. 1. Изменение концентрации катионов Ca^{2+} в жидкой среде

Очевидно, что разрушение цементного камня при биокоррозии, как и при других видах коррозионных процессов, определяется процессами массопереноса. Полученные экспериментальные данные дают возможность судить о кинетике и динамике процессов биологического повреждения, определять условия возникновения очагов коррозии, причины ускорения или ослабления деструктивных процессов [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев Е.Ю. Микробные сообщества на некоторых бетонных сооружениях в Санкт-Петербурге / Е.Ю. Дмитриев, А.Д. Власов // Мат. 3-й междунар. науч.-техн. конф. «Биоповреждения и биокоррозия в строительстве». Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2009. С. 20–23.
2. Сухаревич В.И. Защита от биоповреждений, вызываемых грибами / В.И. Сухаревич, И.Л. Кузикова, Н.Г. Медведева // Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПБ, 2009. 207 с.
3. Развитие микроорганизмов на поверхности цементного камня / С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова, В.С. Коновалова, Д.Т. Гиляздинов // Сборник материалов XX МНПФ «SMARTEX-2017». Иваново: ИВГПУ, 2017. С. 170-173.
4. Феофилова Е.П. Значение реакций свободнорадикального окисления в регуляции роста и липидообразования эукариотных и прокариотных организмов / Е.П. Феофилова, Е.Б. Бурлаков, Л.С. Кузнецова // Прикладная биохимия и микробиология. 1987. Т. 23. № 1. С. 3-13.

5. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов, А.С. Семичева, Е.А. Морозов. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 196 с.

6. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования / В.Т. Ерофеев, А.П. Федорцов, А.Д. Богатов, В.А. Федорцов // Фундаментальные исследования. 2014. № 12. С. 708-716.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.А. Колесникова, М.В. Лысанова

Научный руководитель – **М.В. Лысанова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются пути снижения себестоимости строительства за счет управления организационно-технологическими решениями.

Ключевые слова: себестоимость, торги, рентабельность.

PROJECT MANAGEMENT WITH THE AIM OF REDUCING CONSTRUCTION COSTS

A.A. Kolesnikova, M.V. Lysanova

Scientific Supervisor – **M.V. Lysanova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses ways to reduce the cost of construction by managing organizational and technological solutions.

Keywords: cost, bidding, profitability.

Каждое из направлений в строительстве в наше время ценится целесообразностью, скоростью возведения, окупаемостью в короткие сроки и возможностью минимизации себестоимости объекта.

Проблема снижения стоимости строительства с целью снижения себестоимости готового объекта – здания или сооружения, является наиболее актуальной на сегодняшний день.

Инструментом, позволяющим планировать цену объекта, является механизм торгов. Стоит заметить, что во время торгов уже закладывается небольшой процент рентабельности для подрядчика - 2,5 - 6,5 по отношению к издержкам производства. Чтобы увеличить процент рентабельности, заложенный в цене торгов, после заключения контракта подрядчики разворачивают работу по поиску снижения издержек и увеличения

прибыли, не снижая при этом уровень качества строительства. Иными словами, торги стимулируют подрядчиков к поиску наиболее оптимальных и экономичных решений.

Основными источниками роста эффективности строительства являются применение прогрессивных организационно-технологических и экономических решений при проектировании и возведении объектов, позволяющих сократить инвестиционный цикл, повысить производительность труда, снизить затраты на проектно-сметную документацию, снизить себестоимость строительно-монтажных работ, совершенствовать методы кредитно-финансовой системы и др.

Строительная продукция имеет большое количество отличий от продукции других отраслей (табл. 1). Эти особенности обусловили особенности производственного процесса по возведению зданий и сооружений.

Таблица 1. Особенности строительной продукции

Особенности строительной продукции	Особенности производственных процессов
Территориальная закреплённость	Высокая продолжительность технологического процесса
Индивидуальность проектов	Передвигается производство, объект стационарен
Высокая материалоемкость (высокая потребность в материальных, технических и трудовых ресурсах)	Большое количество участников технологического процесса
Продолжительность возведения строительной продукции	Выполнение работ на открытом воздухе, зависимость от погодных условий

Технико-экономические особенности строительной продукции обуславливают специфику в планировании и организации строительства объекта, а также его дальнейшей эксплуатации.

Основной задачей при организационно-технологическом проектировании является: формирование производства еще на предпроектной стадии с определением основных организационно-технологических решений, которые позволят получить достоверную договорную цену реализуемого проекта. А также, оценка предполагаемого состояния производственной системы в будущем периоды времени.

Количество затрат на реализацию объекта в большей мере определяется самим производителем. Основными факторами издержек производства являются: потребность в сырье, рабочей силе, механизмах, существующий уровень цен на эти ресурсы. В то же время существенное

влияние на себестоимость продукции оказывает рациональное и эффективное использование этих ресурсов.

Пути снижения затрат строительного-монтажных работ:

- применение производительной техники;
- оптимальное управление запасами материалов, конструкций и полуфабрикатов за счет рациональной поставки, хранения и расходования;
- уменьшение продолжительности производства строительного-монтажных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баркалов С.А.* Модели и методы управления строительными проектами / С.А. Баркалов, И.В. Буркова, П.Н. Курочка. Саратов: Издательство «Вузовское образование», 2015. 461 с.
2. *Долматов А.В.* Управление проектами в строительстве лекции / А.В. Долматов, А.А. Потвалова. 210 с.
3. Управление проектами: организационные механизмы. М.: ПМСОФТ, 2007. 140 с.
4. *Лысанова М.В.* Методические указания по выполнению магистерской диссертации студентов магистратуры направления 08.04.01 «Строительство» / М.В. Лысанова, В.Д. Сухов. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 95 с.

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.А. Смирнова, М.В. Лысанова

Научный руководитель – **М.В. Лысанова**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается понятие «метод» и «методика». Рассматриваются основные методы снижения себестоимости строительства.

Ключевые слова: метод, методика, себестоимость.

METHODS OF CONSTRUCTION COST REDUCTION

E.A. Smirnova, M.V. Lysanova

Scientific Supervisor – **M.V. Lysanova**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the concept of "method" and "approach". The main methods of reducing the cost of construction are considered.

Keywords: method, approach, cost price.

Строительство является одной из крупнейших сфер экономической деятельности государства. Оно создает для организации любых сфер народного хозяйства основные фонды. Результатом, или продукцией строительства, являются здания и сооружения различного функционального назначения.

В современной экономике вопросы о снижении стоимости строительства зданий или сооружений приобретают особую актуальность и значимость.

Основными проблемами современного строительства являются:

- повышенное налогообложение;
- неплатежеспособность заказчиков;
- высокая стоимость материалов, конструкций, изделий;

- недостаток финансирования;
- нехватка квалифицированных кадров;
- высокий процент коммерческого кредита.

Любое строительство в наши дни оценивается его целесообразностью, возможностью окупаемости в очень короткие сроки и возможностью минимизировать себестоимость здания или сооружения.

Метод – это инструмент научного исследования, позволяющий изучить предмет глубоко и всесторонне.

Оптимизация затрат – необходимая мера, которая позволяет возводить здания и сооружения высокого качества, но при этом значительно сокращать производственные расходы. Снижение себестоимости строительства подразумевает комплексный подход, заключающийся в применении следующих инструментов:

1. поиск наиболее эффективных планировочных и конструктивных решений на стадии создания проекта;
2. использование современных материалов, комплектующий изделий и технологий;
3. снижение расходов за счет рационального использования материалов;
4. применение эффективной и экономичной спецтехники;
5. оптимизация логистических процессов;
6. снижение себестоимости строительства за счет изменения режима работы.

Учитывая скачкообразное изменение цен на строительные материалы и строительные услуги экономия на этих элементах, оказывающих влияние на стоимость строительства, практически невозможна. Возможна только концепция уменьшения объемов материалов и уменьшения трудоемкости на стадии возведения.

Методика – это конкретизация метода, доведение его до инструкции, алгоритма, четкого описания способа существования.

Данная методика приемлема только на стадии разработки проектной документации на объект, которая выполняется на стадии проектирования. Проектная деятельность должна осуществляться специализированными организациями, входящими в состав саморегулирующих организаций (СРО). Проектирование в строительстве играет одну из ключевых ролей. Проблемы на данной стадии являются самими актуальными на сегодняшний день, влияющие на всю строительную отрасль.

Снижение себестоимости объекта на стадии проектирования является ключевым этапом к снижению стоимости всего процесса строительства.

Сметная стоимость строительно-монтажных работ (ССМР) включает прямые расходы (ПР), накладные затраты (НЗ) и прибыль (П):

$$\text{ССМР} = \text{ПР} + \text{НЗ} + \text{П}.$$

Уровень себестоимости строительно-монтажных операций определяется множеством экономических факторов. В основе расходов на их выполнение лежат объективные причины: потребность в услугах, сложившийся уровень цен на них, затраты на ресурсы и многие другие. В то же время на них оказывает значительное влияние рациональное и эффективное использование имеющихся ресурсов.

В современных реалиях снижение себестоимости строительства — необходимая мера, которая повышает устойчивость отрасли в условиях падения спроса. Также грамотная и обоснованная оптимизация расходов делает недвижимость доступной для потребителей. Этот фактор является крайне значимым в период экономического кризиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лысанова М.В.* Основы сметного дела в строительстве: учеб. пособие для студентов специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)» [Текст]: в 3 т. / М.В. Лысанова, В.Д. Сухов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010.
2. *Баркалов С.А.* Модели и методы управления строительными проектами / С.А. Баркалов, И.В. Буркова, П.Н. Курочка, 2015. 461 с.
3. *Лысанова М.В.* Методические указания по выполнению магистерской диссертации студентов магистратуры направления 08.04.01 «Строительство» / М.В. Лысанова, В.Д. Сухов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2018. 95 с.
4. Экономика строительства: Учебник / Под общей ред. И.С. Степанова. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Юрайт-Издат, 2004.
5. Академик [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/>, свободный (22.02.2019).

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

М.А. Старова, М.В. Лысанова

Научный руководитель – **М.В. Лысанова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается понятие «метод» и «модель». Рассматриваются основные модели организации, из чего они состоят и их суть.

Ключевые слова: метод, модель, организация строительства.

MODELS AND METHODS OF CONSTRUCTION ORGANIZATION

M.A. Starova, M.V. Lysanova

Scientific Supervisor – **M.V. Lysanova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the concept of "method" and "model". The main models of organization are considered, what they consist of and their essence.

Keywords: method, model, construction organization.

Появление рыночных отношений в РФ выявляет необходимость оборота капитала, который является основным законом эффективной деятельности предприятия. В данных условиях при инвестициях в строительное производство, главное значение приобретает оптимизация всех ресурсных составляющих, а также сокращение сроков продолжительности строительства объектов различного назначения [1].

Проект включает в себя целенаправленную, ориентированную во времени последовательность, как правило, однократных, комплексных и нерегулярно повторяющихся действий со следующими признаками:

- однократность и комплексность структуры проекта;
- назначенные сроки начала и окончания;
- назначенные временные цели;

- нерегулярность осуществления;
- сложность структуры проекта;
- особенность содержательных и финансовых результатов.

Проект – это совокупность действий и задач, обладающий следующими отличительными чертами:

1. Определенные цели, достигающиеся с одновременным выполнением технических, экономических и других требований;
2. Взаимосвязь внешних и внутренних задач, операций, работ и ресурсов, требующие точной организации в процессе реализации проекта;
3. Определенные сроки начала и окончания проекта;
4. Ограниченные ресурсы;
5. Уникальность цели проекта и его условий осуществления;
6. Неминуемость различных конфликтов.

Метод – это инструмент научного исследования, позволяющий изучить предмет глубоко и всесторонне [2].

Методы организации реализации проектов представляют возможность:

- выявить сроки реализации проекта, рассчитать необходимые ресурсы, составить график его выполнения;
- определить исполнителей (например, через процедуры торгов и конкурсов);
- определить необходимые объемы и источники финансирования;
- подготовить и заключить контракты;
- планировать и учитывать всевозможные риски;
- рассчитать сметную документацию проекта;
- назначить цели проекта;
- выявить структуру проекта;
- обеспечить контроль за ходом реализации проекта и др.

Согласно источнику «1», организация и управление проектом – грамотное руководство и координация людских и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла проекта, применяя различные современные системы управления, чтобы достигнуть конкретных целей по составу и объему работ, времени, качеству, стоимости и удовлетворению участников проекта.

Модель – это условный образ объекта, сконструированный для упрощения его исследования.

Основными моделями организации строительства служат:

а) модель деловой активности предприятия;

Характеризуется набором основных бизнес-процессов, которые

свойственны современному строительному предприятию, из которых можно выделить:

1. управление персоналом;
2. учет и контроль;
3. финансовое планирование;
4. формирование производственного плана;
5. оперативное управление производством.

С целью реализации данных бизнес-процессов, создается определенная организационная структура аппарата управления.

В деятельности по формированию производственной программы предприятия участвуют: отдел маркетинга, сметно-договорной отдел (СДО), производственно-технический отдел (ПТО), отдел материально-технического снабжения (ОМТС) и бухгалтерия [3].

б) циклограммы – показывающие ход работ в виде наклонных линий;

Циклограмма потока имеет построение в осях координат: по оси ординат откладывается нужное количество захваток, а по оси абсцисс – продолжительность работ в днях. После того, как была построена циклограмма, строится диаграмма потребности рабочей силы.

в) календарные линейные графики (графики Г.Л. Гантта) – на них показывают в масштабах времени последовательность и сроки выполнения различных работ;

г) матрица расчета поточного метода организации;

Матрица имеет клеточный вид, где в строках указывается число захваток, а в столбцах – количество процессов. При заполнении данных клеток, слева сверху показывается время начала процесса на захвате, слева внизу – время окончания, а в центре – продолжительность работы.

д) сетевые модели – показывают технологию и организацию производства строительно-монтажных работ во время строительства объекта.

К сетевым моделям составляют сетевой график. Он облегчает процесс управления строительством тем, что отображает расчетные параметры, последовательность выполнения строительно-монтажных работ во времени, а также показывает взаимосвязь между этими работами.

Благодаря сетевой модели, можно определить оптимальные решения для строительства объектов и появляется возможность прогноза вероятного завершения проекта.

Отличие между сетевым графиком и сетевой моделью является ряд параметров, которые сопровождаются расчетом по специальным методам и привязыванием к календарным датам.

Исходными данными для составления сетевой модели объекта являются:

- сметная документация;
- календарные планы строительства;
- нормативные или договорные сроки строительства;
- технологические карты на строительные-монтажные и специальные строительные работы;
- информация о строительной организации, которая будет осуществлять строительство.

Оптимизация сетевых графиков может привести к более рациональному использованию всех ресурсов. Поэтому сетевые графики можно оптимизировать по следующим пунктам:

- по времени.

Осуществляется для уменьшения сроков строительства.

- по равномерной потребности в рабочих.

Происходит оптимизирование использования рабочих ресурсов.

- по потреблению материалов, конструкций и полуфабрикатов;

Для того чтобы оптимизировать график по потреблению материалов, строится линейный график потребности в материалах и конструкциях.

- по потреблению финансовых ресурсов.

Данная оптимизация облегчает процесс планирования распределения инвестиций заказчика.

Таким образом, все модели и методы между собой взаимосвязаны и вытекают друг из друга, что делает организацию управления строительного проекта более сбалансированным и слаженным механизмом и снижают риск непредвиденных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=464297>
2. *Лысанова М.В.* Методические указания по выполнению магистерской диссертации студентов магистратуры направления 08.04.01 «Строительство» / М.В. Лысанова, В.Д. Сухов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2018. 95 с.
3. *Баркалов С.А.* Модели и методы управления строительными проектами / С.А. Баркалов, И.В. Буркова, П.Н. Курочка, 2015. 461 с.
4. Организация и управление в строительстве (пос.) / Д.В. Хавин, В.Н. Фомин, А.Н. Никифоров, В.В. Ноздрин. 2017. 143 с.
5. *Скачков Ю.П.* Организация, планирование и управление в строительстве / Ю.П. Скачков. 2014. 56 с.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ № 15
ПО УЛ. ВОЛЖСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ**

И.А. Брусницын, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – **Ю.М. Придатко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложена технология возведения нового фундамента в существующем историческом здании, разработаны технические решения устройств для выполнения работ.

Ключевые слова: технология, реконструкция, фундамент, устройство.

**RECONSTRUCTION OF THE FOUNDATIONS
OF THE BUILDING NO. 15 ON VOLZHSKAYA
NABEREZHNYA STREET IN YAROSLAVL**

I.A. Brusnitsyn, O.E. Mashyanova, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – **Yu.M. Pridatko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper proposes a technology of construction of a new foundation in the existing historical building and examines the developed technical solutions of work tools.

Keywords: technology, reconstruction, foundation, construction tool.

Освоение подземного пространства под существующими зданиями в пределах исторической застройки городов приобрело массовый характер. Строительство подземных этажей под существующими зданиями создаёт дополнительные полезные площади в условиях плотной городской застройки. Возникающие при этом геотехнические задачи отличаются крайней сложностью и разнообразием. Реконструируемый объект представляет собой 3-х этажное. Размеры в плане: в осях А-Е 35,90м, в осях 1-10 54,50м. Несущие стены продольные и поперечные из керамического кирпича, наружные толщиной 77,0см, внутренние 64,0см. Между-

этажные перекрытия - по деревянным балкам. Фундаменты ленточные из бутового камня.

Одним из этапов реконструкции объекта является устройство новых фундаментов ленточного типа взамен существующих из бутового камня. Работы по замене фундаментов предусмотрено выполнять делянками. Размер делянки определили на основе результатов обследования объекта с учетом его объемно-планировочного и конструктивного решения, технического состояния существующих фундаментов и результатов статического расчета. Так, наибольшая длина делянки при реконструкции фундаментов принята 6,0 м. Для обеспечения устойчивости объекта, его частей и отдельных надземных конструкций предусмотрено использование временных связей из стальных прокатных профилей – уголок равнополочный 50х50х5 [2]. Примерная схема их расположения представлена на рис. 1. Высота ярусов таких связей определяется высотой этажа.

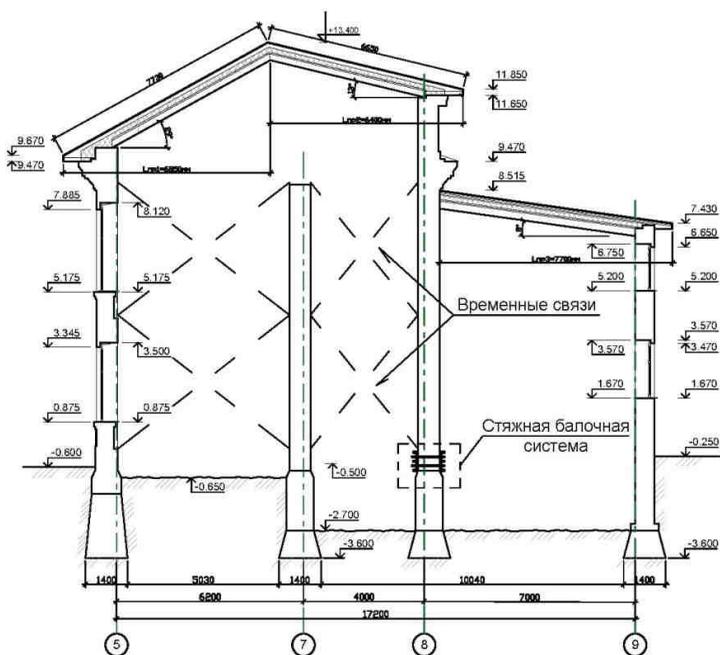


Рис. 1. Разрез здания

Разгрузку фундаментов на делянке осуществляют с помощью стяжной балочной системы из стальных прокатных профилей - швеллер №33 [1]. Балки устанавливают попарно с обеих сторон стены, под кото-

рой будет производиться разборка бутового фундамента. Транспортировку и подачу балки к месту монтажа осуществляют малогабаритным погрузчиком. Закрепление балок осуществляют стяжными винтами [3] с шагом 500 мм, требуемое усилие натяжения определено расчетом. Размер балки и делянки определили расчетом.



Рис. 2. Участок реконструируемого фундамента

Компоновка стяжной системы приведена на рис. 3. Для равномерного распределения усилия между балкой и кирпичной стеной применяется упруго-деформируемая прокладка из дубовой доски сечением 200x50 мм.

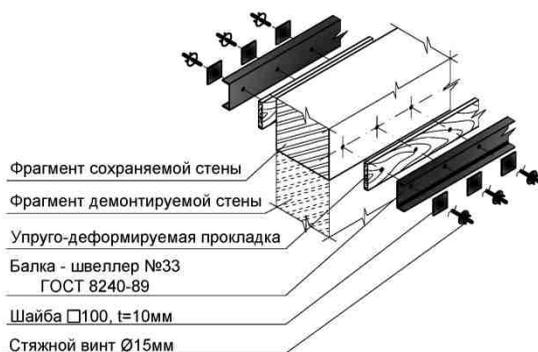


Рис. 3. Компоновка стяжной балочной системы

Разгрузив существующий фундамент, под закрепленным участком стены производится демонтаж и возведение нового. После установки нового фундамента металлические балки демонтируют и устанавливают на следующую делянку.

Такая технология позволяет многократно применять металлические балки в процессе реконструкции или замены существующих фундаментов, возводить подземные этажи в эксплуатируемых зданиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8240-89. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент / Государственный стандарт союза ССР. М.: Издательство стандартов, 1992.
2. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент // Сб. ГОСТов. / М.: Стандартиформ, 2012.
3. ГОСТ Р 57899-2017. Анкеры и стяжки для опалубки. Общие технические условия / ФГУП «СТАНДАР ТИМ ФОРМ», 2017.
4. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 (с Опечаткой, с Изменением N 1). М.: Минрегион России, 2011.
5. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой). М.: Стандартиформ, 2017.

КИНЕТИКА ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ПОРИСТОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.О. Тюрикова, А.С. Зайцева, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследована кинетика водопоглощения и показатели поровой структуры стеновых конструкционных материалов.

Ключевые слова: стеновые конструкционные материалы, кинетика водопоглощения, пористость.

THE KINETICS OF WATER ABSORPTION AND POROSITY RATIOS OF WALL CONSTRUCTION MATERIALS

A.O. Tyurikova, A.S. Zaitseva, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the kinetics of water absorption and pore structure parameters in wall construction materials.

Keywords: wall construction materials, water absorption kinetics, porosity.

В интегральной капиллярной поровой структуре конструкционного материала различают открытые поры, заполняемые в ранние сроки выдержки материала в воде, и условно-замкнутые поры, заполняемые водой лишь при длительном насыщении [1]. Наиболее простой элементарной формулой, описывающей процесс водопоглощения, является экспонента вида

$$\frac{W_{\tau}}{W_{max}} = 1 - \exp(-\lambda\tau)^{\alpha},$$

где W_t / W_{max} – степень заполнения капилляров материала на момент времени t ; λ – безразмерный показатель среднего размера поперечного сечения капилляров; α – безразмерный показатель однородности размера капилляров [2]. В работе [3] предложено преобразовывать экспериментальные данные по кинетике водопоглощения в виде линейной зависимости $y = a + bx$, где

$$y = \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{W_t}{W_{max}} \right) \right) \quad \text{и} \quad x = \ln t ,$$

откуда показатели пористости материала $\lambda = b$ и $\alpha = \exp(a/b)$.

В настоящей работе исследовали водопоглощение шести конструктивных стеновых материалов, физические параметры и показатели пористости которых приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Материал	Средняя плотность, ρ_0 , кг/м ³	Водопоглощение по массе, W_{max} , %
Тяжелый бетон	2368	3,46
Легкий керамзитобетон	1339	7,09
Пенобетон	733	60,98
Кирпич керамический	2248	12,43
Кирпич силикатный	2055	13,07
Древесина (сосна)	465	61,45

Таблица 2

Материал	Показатели пористости при водопоглощении			
	на начальном участке		на конечном участке	
	λ_1	α_1	λ_2	α_2
Тяжелый бетон	0,41	0,29	0,77	0,12
Легкий керамзитобетон	0,27	2,96	0,19	20,32
Пенобетон	0,07	53,6	0,73	0,02
Кирпич керамический	1,99	0,16	3,55	0,12
Кирпич силикатный	0,23	0,75	0,54	0,05
Древесина (сосна)	0,30	0,0025	0,76	0,0086

Графики водопоглощения для тяжелого бетона, керамического кирпича и древесины, построенные на основе линеаризованных данных, приведены на рис. 1.

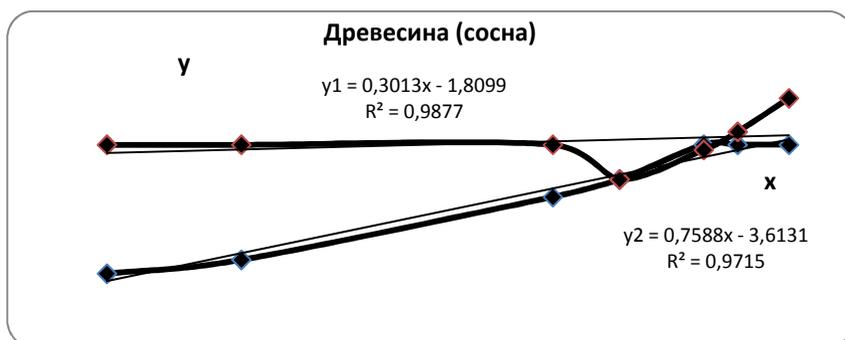
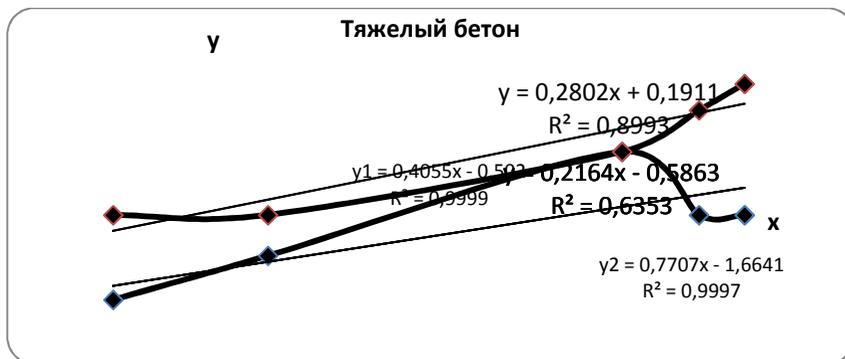


Рис. 1. Линеаризованные графики процесса водопоглощения стеновых материалов

Для всех исследованных материалов на линеаризованных графиках имеются точки перегиба, наблюдающиеся через 24–120 часов после начала эксперимента, что, по мнению [3], свидетельствует о качественном изменении процесса водопоглощения – на начальном этапе (участок графика у1) насыщаются открытые сообщающиеся капиллярные поры, на последующем этапе (участок графика у2) происходит медленное заполнение условно-замкнутых пор.

Согласно [2], гарантированная морозостойкость конструкционного материала обеспечивается, если показатель средней крупности пор (λ) менее 3, а показатель однородности пор по размерам (α) менее 1. По данным таблицы 2, требованию по среднему размеру поперечного сечения пор практически соответствуют все исследованные стеновые материалы, однако условию размерной однородности, особенно на опасном начальном этапе водопоглощения, не отвечают легкие пенобетон и керамзитобетон, что ставит задачу по разработке технологических приемов совершенствования поровой структуры этих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12730.4–78. Бетоны. Методы определения показателей пористости.
2. Методические рекомендации по контролю качества поровой структуры дорожного бетона. М.: Союздорнии, 1978. 19 с.
3. Исследование кинетики водопоглощения мелкозернистого бетона / М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина, М.Ф. Теплова, И.В. Коровченко // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 132–134.

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ**

Д.Е. Филимонов, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – **Ю.М. Придатко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается сравнение в эксплуатации и обслуживании дренажной системы закрытого и полужакрытого типов для защиты здания от негативного влияния грунтовой воды

Ключевые слова: дренаж, грунтовая вода, эксплуатация, обслуживание.

**ANALYSIS OF THE FACTORS, DETERMINING THE EFFI-
CIENCY OF DRAINAGE SYSTEMS
IN TERMS OF RECONSTRUCTION**

D.E. Filimonov, O.E. Mashyanova, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – **Yu.M. Pridatko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the comparison of operation and maintenance of the drainage system of closed and semi-closed types to protect the building from the negative impact of groundwater

Keywords: drainage, comparison, ground water, exploration, service.

Дренажные системы разработаны для защиты от грунтовой воды спортивно-оздоровительного корпуса ЗАО «Хром», расположенного по ул.Большая Федоровская в г.Ярославле. Здание двухэтажное бескаркасное с несущими продольными и поперечными стенами, с размерами в осях – 19,9×52,4 м. Отметка чистого пола первого этажа на 0,8...0,9 м ниже отметок планировки. Фундамент – ленточный, бутовый, отметка заложения 1,2...1,3 м. Размер камня в основном 20...50 см и до 80...100 см окатанной и постелистой формы. Горизонтальная гидроизоляция отсутствует. Кровля скатная по деревянной наклонной стропильной системе.

Наружные стены – толщиной 90 см из керамического кирпича на известково-песчаном растворе.

Необходимость устройства дренажной системы определяется наличием грунтовой воды на глубине 2,0...2,5 м.

Нагрузка на дренаж зависит от периода года. Подъем грунтовых вод в весеннее и осеннее время составляет 0,5...0,7 м. За счёт капиллярного подъёма воды происходит замачивание стен на всю высоту до карниза. В летний и зимний период нагрузка минимальная. Это объясняется низким уровнем подземных вод в эти периоды и минимальное поступление воды с поверхности.

Для условий действующего предприятия возможно использование только дренажных систем закрытого типа, т.к. дренажная система открытого типа в данных условиях не приемлема [2].

Выбор варианта системы водоотведения во многом зависит от экономической и конструктивной составляющих. В работе рассмотрены факторы, определяющие эффективность эксплуатации разработанных нами для объекта дренажных систем двух типов: закрытого и полужакрытого типов.

Для корректного функционирования закрытой дренажной системы требуются регулярный мониторинг состояния ее элементов. При этом проверяют и устраняют загрязнения дренажных труб и колодцев. Обязательным является осмотр системы после сильных ливней или паводков. Дренажные колодцы и трубопроводы подвержены интенсивному заиливанию частицами грунта. Такие отложения препятствуют свободному движению воды. Это приводит к подъему уровня грунтовой воды. Удаление иловых отложений осуществляют специальными машинами, стоимость таких работ высока.

Для защиты дренажной системы от заиливания, а прилегающие массивы грунта от суффозии, по поверхности труб устраивают защитную оболочку из геотекстиля [1]. В процессе работы постепенно по ее контуру накапливаются мелкодисперсные частицы грунта, которые кольматируют поры защитной оболочки. Это снижает фильтрационную способность геотекстильной оболочки. Это снижает эффективность работы дренажной системы и приводит к подъему уровня грунтовой воды и подтоплению территории. Также существуют и другие причины заиливания дренажных трубопроводов:

- повышение допустимых размеров зазоров между стыками труб при их укладке;
- недостаточная или некачественная изоляция зазоров фильтрующими материалами (особенно в пылеватых, илистых грунтах и плывунах);

- некачественное или неправильное соединение дренажных труб с дренажными колодцами.

Таким образом, устройство дренажной системы закрытого типа сопряжено с высокой вероятностью образования дефектов, сложностью и высокой стоимостью эксплуатации. Она неремонтопригодна. Восстановление работоспособности дренажной системы закрытого типа по существу невозможно. Требуется ее замена. Продолжительность нормальной эксплуатации такой системы не более 5...7 лет.

Для объекта разработана полужакрытая дренажная система. Она представляет собой проходной канал из железобетона по всему периметру объекта. Основные элементы дренажной системы следующие. Вдоль фундамента наружных стен объекта с шагом 1 м выполнены стойки, параллельно им на расстоянии 1,2 м – подпорная стена толщиной 0,1 м. Стойки и стена объединены в систему поперечных рам ригелями сечением 0,2×0,15 м. Канал перекрыт сборными плитами размером 1,2×2,0 м, по которым выполнена отмостка. Дно канала выполнено с уклоном, и обеспечивает эффективный сбор и отвод грунтовой воды в приемные колодцы ливневой канализации.

Такая дренажная система обладает существенными преимуществами. Ее способность собирать и пропускать грунтовую воду многократно превышает возможность закрытой. Она имеет наивысшую степень ремонтпригодности.

Для обслуживания данной системы достаточно спуститься через устраиваемые смотровые колодцы и осмотреть систему изнутри. Полузакрытая дренажная система также обеспечивает не только собственную ремонтпригодность, но и фундаментов и цоколя объекта. Долговечность такой дренажной системы сопоставима с долговечностью объекта, а межремонтный цикл (для капитального ремонта) для принятых характеристик используемых материалов составляет не менее 50 лет.

Единовременные затраты по устройству полужакрытой дренажной системы выше, чем для закрытой. Однако затраты на ее эксплуатацию минимальны, ремонтпригодность максимальна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сорочан Е.А.* Основания, фундаменты, и подземные сооружения / Е.А. Сорочан, Ю.Г. Трофименков. М.: Стройиздат, 1985. С. 416-457.
2. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. Минстрой России, 2017.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ПОЛНЫМ КАРКАСОМ

Д.А. Кондратюк, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – **Ю.М. Придатко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются варианты реконструкции несущих элементов каркаса
первого этажа в четырехэтажном промышленном здании.*

Ключевые слова: реконструкция, сетка колонн, балка, ригель.

DEVELOPMENT OF RECONSTRUCTION TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL BUILDING WITH FULL FRAME

D.A. Kondratyuk, O.E. Mashyanova, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – **Yu.M. Pridatko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The options for the reconstruction of the bearing elements of the frame of the
first floor in a four-story industrial building are considered.*

Keywords: reconstruction, grid of columns, Ivanovo, beam, crossbar.

Город Иваново являлся центром легкой промышленности Советского Союза. В настоящее время многие предприятия этой отрасли реконструируют и осуществляют их техническое перевооружение. При этом остро стоит проблема трансформации конструктивных решений промышленных зданий для обеспечения возможности использования новых технологий с применением высокопроизводительных машин.

К таким объектам относится производственный корпус бывшего «Меланжевого комбината им. К.И.Фролова», расположенный по адресу:

15 Проезд д. 4 Литер Д, г. Иваново. Он представляет собой 4-х этажное здание с полным каркасом по серии ИИ-20, размер в плане 54,52*37,44 м.

До 2006 года в этом здании располагался тростильно-крутильный цех. Целью работы является обоснование технологии реконструкции бывшего тростильно-крутильного цеха под нужды современного производства. Для этого изучена технология ткацкого производства, установлены состав и параметры его процессов. На основании анализа предложений производителей современного оборудования выполнена компоновка технологической линии мощностью 600 тыс. тонн в год. Такая линия предусматривает механизацию всех этапов и операций, начиная с разгрузки хлопка-сырца и заканчивая получением текстильного полотна, изготовленного на ткацком станке. Она располагается на всех четырех этажах здания.

Основная проблема размещения технологической линии определяется наличием крупногабаритного агрегата для первичной обработки хлопка-сырца. Его размеры в плане составляют 6,39х36,00 м и значительно превышают сетку колонн - 6,0х6,0 м. Высота агрегата 2,5 м, что обеспечивает возможность его установки в пределах этажа. Проблема осложняется тем, что участок первичной обработки хлопка расположен на первом этаже здания.

Таким образом, для технического перевооружения предприятия необходима трансформация производственного корпуса путем локального увеличения сетки колонн. После детальной расстановки оборудования установлено, что демонтажу подлежат колонны первого этажа в осях Е/(6-11).

Для предварительного качественного анализа возможных вариантов технических предложений по трансформации сетки колонн рассмотрены несколько вариантов конструктивных схем. Они предусматривают срезку колонны первого этажа и усиление фундаментов колонн по осям Д и Ж.

Схема 1 (рис. 1). Комбинированный ригель с подкосами включает совместно работающие два смежных железобетонных ригеля и стальную обойму. Такой ригель воспринимает нагрузку от оставляемой части срезанной колонны по оси И, её передачу на две соседние колонны по осям Д и Ж. Крепление металлических подкосов к ним осуществляется посредством металлических обойм, опирающихся на верхнюю грань фундаментов. Для восприятия горизонтального усилия в месте крепления подкосов к обоймам крепится затяжка. Предусматривается усиление колонн и фундаментов по осям Д и Ж.

Схема 2 (рис. 2). Железобетонная монолитная рама включает ригель и две стойки. Стойки сопряжены с колоннами по осям Д и Ж и опираются на существующие фундаменты. Такой вариант предусматривает

возможность передачи нагрузки по двум вариантам. Первый - на ригель рамы передается сосредоточенная нагрузка через оставляемую консольную часть колонны первого этажа. Второй – нагрузка от второго этажа через существующие сборные ригели передается на ригель рамы распределенной, а сосредоточенная включает нагрузку только от 3 и 4 этажей. В обоих вариантах предусматривается усиление фундаментов по осям Д и Ж.

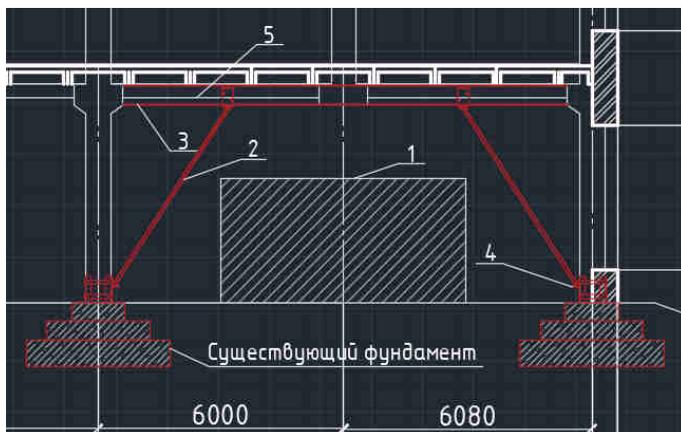


Рис. 1. Разгружающая порталная ферма:

- 1 - технологическое оборудование; 2 - подкос; 3 - ригель; 4 - обоймы; 5 - существующий ригель

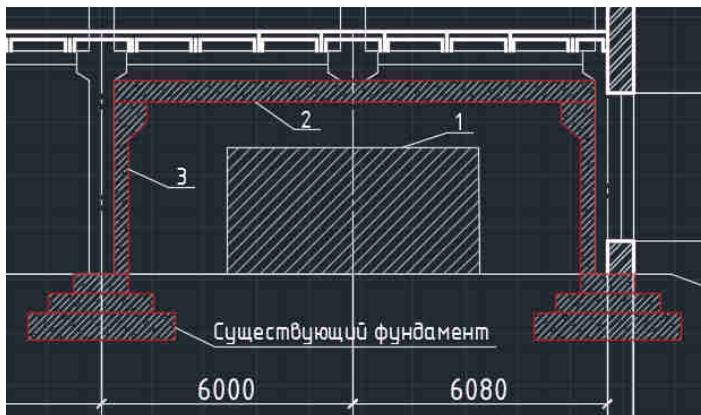


Рис. 2. Железобетонная монолитная рама:

- 1 - технологическое оборудование; 2 - ригель; 3 – стойка

Схема 3 (рис. 3). Шпренгельная ферма включает стальные затяжки и тяжи, непосредственно воспринимающие нагрузку от консольной части колонны первого этажа. Они располагаются под перекрытием, распорка – над перекрытием. Соединение металлических элементов осуществляется посредством болтовых соединений. Предусматривается усиление колонн и фундаментов по осям Д и Ж.

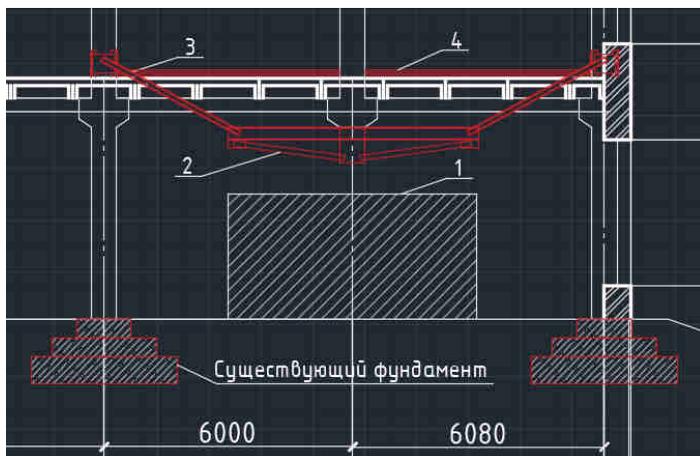


Рис. 3. Шпренгельная затяжка:

1 - технологическое оборудование; 2 - затяжка; 3- тяж; 4 - распорка

В таблице приведен предварительный анализ характеристик качества конструктивных схем.

Номер схемы	Технологические преимущества и недостатки								
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
1	-	+	-	-	+	+	-	+	-
2	-	-	-	-	+	+	+	+	+
3	+	+	-	-	-	+	-	-	-

А – низкий расход строительных материалов и изделий; Б – продолжительность выполнения работ (без учета времени возведения временных поддерживающих конструкций); В – потребность в выполнении дополнительных работ; Г – зимнее удорожание; Д – потребность в средствах механизации; Е – применения строительных полуфабрикатов (двутавры, арматура и т.д.); Ж – необходимость дополнительной системы повышения огнестойкости; З – необходимость регулировки

строительной конструкции перед началом использования; И – необходимость усиления колонн.

Преимущества отмечены знаком «+», недостатки «-», неполное соответствие требованию «+-».

Вывод: на основе результатов качественного анализа установлено, что из оставшихся вариантов более рациональным является вариант №2, так как он обладает большей огнестойкостью, что определено покрывает остальные недостатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
2. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений".
3. СП 325.1325800.2017 Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации.
4. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции.
5. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции.
6. СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ
В ВЫШТАМПОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В.С. Кормашов, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – **Ю.М. Придатко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты сравнительного анализа фундаментов на сваях в выштампованных котлованах разного размера.

Ключевые слова: свайный фундамент, сравнительный анализ, выштампованный котлован, малоэтажное здание.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF PILED FOUNDATIONS IN
STAMPED PITS FOR THE CONSTRUCTION OF LOW-RISE
BUILDINGS IN THE YAROSLAVL OBLAST**

V.S. Kormashov, O.E. Mashianova, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – **Yu.M. Pridatko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the results of comparative analysis of piled foundations in stamped pits of different sizes.

Keywords: pile foundation, comparative analysis, stamped pit, construction, low-rise building.

При строительстве зданий и сооружений используют различные технологии устройства фундаментов. Для строительства малоэтажных зданий эффективна технология, основанная на применении фундаментов в выштампованных котлованах. При их устройстве выштамповывают котлованы. При этом уплотняется грунт под нижней и у боковых граний штампа. Это приводит к повышению механических характеристик

грунта, снижению его деформативности и увеличению несущей способности свай по грунту. Сложным остается вопрос о выборе типоразмера таких свай.

В работе для обоснования параметров свай при строительстве двухэтажного многоквартирного дома с чердаком и подвалом приняты четыре варианта их геометрических размеров. Они представлены в табл. 1. Дом бескаркасный с поперечной конструктивной системой. Размеры ростверка 600х400 мм, бетон В15. Стены подвала из блоков ФБС-24.6.6-Т ГОСТ 13579-78. Перекрытие из стандартных железобетонных многопустотных плит. Наружные стены из керамического кирпича с пенополистеролом облицованы кирпичом. Крыша двухскатная с наклонной стропильной системой. Об основных размерах объекта дает представление рис. 1. Здания с такими геометрическими характеристиками и конструктивными решениями надземной части характерны для строительства в Ярославской области.

На рис. 1 и 2 для примера представлено конструктивное решение фундамента на пирамидальных сваях и схема расположения свай длиной 1,2 м в выштампованных котлованах. Для фундаментов со сваями всех размеров принимали ростверк высотой 400 мм, шириной 600 мм. Для его устройства – бетон класса по прочности В15, расход которого составил 19,95 м³. На ростверк устанавливают блоки ФБС-24.6.6-Т по ГОСТ 13579-78.

Известно, что сравнение таких типов фундаментов следует осуществлять на основе технико-экономического анализа выполненного с учетом требований по экономному расходованию основных строительных материалов и обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов [1].

Таблица 1. Геометрические параметры свай

№ п/п	Длина сваи, м	Размер верхнего сечения, м	Размер нижнего сечения, м	Уклон боковых граней, д.е.
1	2,2	0,33	0,22	0,025
2	1,7	0,26	0,17	0,025
3	1,2	0,18	0,12	0,025
4	0,7	0,11	0,07	0,025

Для таких фундаментов определяли несущую способность по грунту [2], проектировали свайное основание дома. При этом несущим слоем до

глубины 0,6 м является суглинок тяжелый тугопластичной консистенции, а для глубины от 0,6 до 2,2 м суглинок легкий мягкопластичной консистенции. Физико-механические свойства грунтов предоставлены в табл. 2.

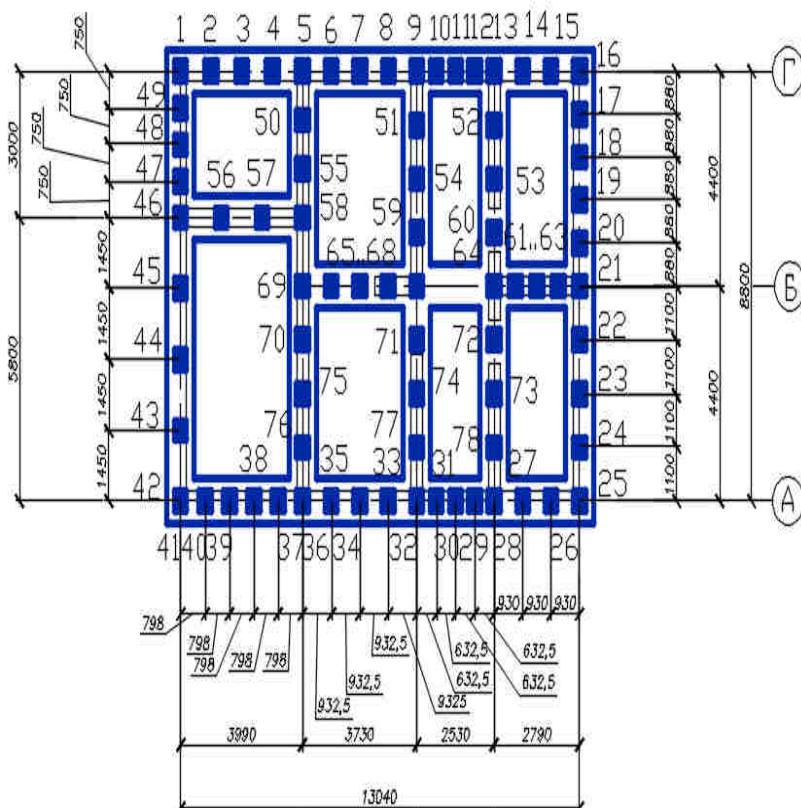


Рис. 1. Схема расположения свай длиной 1,2 м в выштампованных котлованах

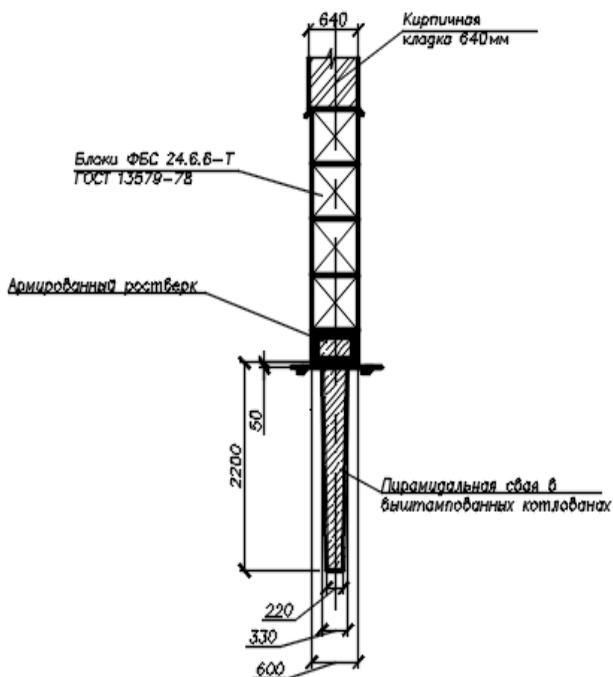


Рис. 2. Конструктивное решение устройства фундамента на пирамидальных свая в выштампованных котлованах

Таблица 2. Физико-механические свойства грунтов

Инженерно-геологические элементы	Модуль деформации, МПа	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, кПа	Коэффициент пористости грунта природного сложения	Число пластичности	Расчетное сопротивление грунтов, кПа
Суглинок тяжелый тугопластичный	16	19	25	0,70	15	221
Суглинок легкий мягкопластичный	14	17	25	0,65	8	233

Полученные результаты предоставлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты расчетов

Тип сваи	Длина сваи, м	Несущая способность сваи F_d , кН	Количество свай в ростверке n , шт.	Расход бетона свай, м ³
1	2,2	529	32	5,60
2	1,7	324	44	4,64
3	1,2	158	78	3,24
4	0,7	67	136	1,53

Из полученных результатов следует, что меньшей длине сваи соответствует меньший расход бетона на устройство свайного основания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменением N 1).
2. СП 50.102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. www.consultant.ru.

**ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И ПРОЧНОСТЬ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОНКОМОЛОТОЙ СЕРОЙ
БЕТОНА НА ОСНОВЕ НАТРИЕВОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА**

Е.Н. Загрузина, Е.М. Бредерман, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Методами планирования эксперимента исследованы водопоглощение и прочность модифицированного тонкомолотой серой бетона на основе натриевого жидкого стекла.

Ключевые слова: жидкое стекло, бетон, прочность, водопоглощение, тонкомолотая сера.

**WATER ABSORPTION AND DURABILITY
OF THE CONCRETE MODIFIED WITH FINE SULFUR
BASED ON LIQUID SODIUM GLASS**

E.N. Zagruzina, E.M. Brederman, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We studied the capillary water absorption and compressive durability of concrete modified with fine sulfur and based on liquid sodium glass by using methods of design of experiments.

Keywords: liquid glass, concrete, strength, water absorption, fine sulphur.

В бетоне на основе жидкого стекла вяжущим является водный раствор силиката натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, который в результате физико-химического взаимодействия с отвердителем разлагается с выделением геля кремниевой кислоты $\text{Si}(\text{OH})_4$, который коагулирует и склеивает между собой зерна заполнителей в монолитный конгломерат.

Бетон на основе жидкого стекла, обладает рядом положительных свойств: высокой прочностью (около 30-40 МПа); высокой кислото- и

огнестойкость. Однако он также обладает и рядом недостатков, таких как высокая пористость (до 18-20%) и недостаточная водостойкость.

В ранее проведенных исследованиях [1] было установлено, что введение тонкомолотой элементарной серы в цементную бетонную смесь в дозировке 10–20% от массы цемента обеспечивает ~5–10-кратное увеличение сопротивления бетона капиллярному водопоглощению, но с потерей ~25–50% его прочности.

В настоящей работе методами ортогонального планирования [2] исследована возможность использования для гидрофобизации силикатного бетона порошка тонкодисперсной серы с размером частиц 5–20 мкм. В качестве функций отклика выбраны водопоглощение по массе (W_m) и прочность при сжатии бетона ($R_{сж}$), факторами эксперимента являлись расход тонкомолотой серы и плотность жидкого стекла. Уровни варьирования факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов эксперимента

Фактор		Уровень			Интервал варьирования
		верхний	центр плана	нижний	
		+1	0	-1	
Расход серы, % масс. от вяжущего	x_1	20	10	0	10
Плотность жидкого стекла, г/см ³	x_2	1,38	1,31	1,24	7

Из пластичных смесей состава жидкое стекло : кварцевый песок = 1 : 3 масс. д. готовили образцы-кубики 40 х 40 х 40 мм, которые твердели в течение 28 суток в воздушно-сухих условиях при температуре +20 °С. Матрица планирования и средние значения функций отклика представлены в табл. 2.

Для функций отклика получены следующие уравнения регрессии (в кодированных значениях факторов):

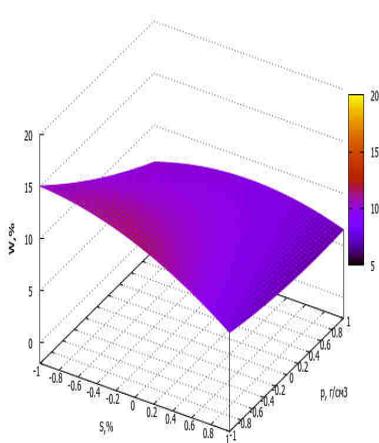
$$W_m = 9,98 - 1,87 x_1 - 2,40 x_2 + 1,90 x_1 x_2 - 1,58 x_1^2 + 0,48 x_2^2$$

$$R_{\text{сж}} = 13,20 - 2,24 x_1 + 3,75 x_2 - 1,13 x_1 x_2 - 0,13 x_1^2 - 0,99 x_2^2$$

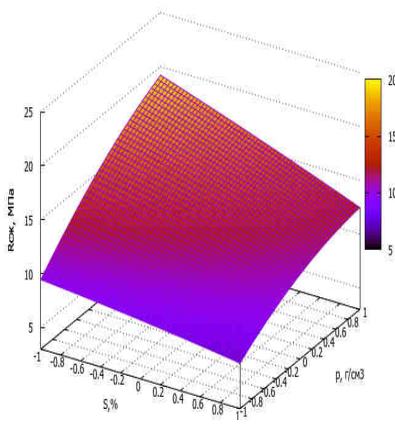
Статистическая проверка по критерию Фишера показала адекватность моделей. Вид поверхностей отклика в исследованном факторном пространстве для функций отклика жидкостекольного бетона приведены на рис. 1.

Таблица 2. Ортогональный план второго порядка

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^*	x_2^*	Средние значения	
							$W_m, \%$	$R_{сж}, \text{МПа}$
1	1	-1	-1	1	0,37	0,37	17,7	12,7
2	1	1	-1	-1	0,37	0,37	8,8	8,9
3	1	-1	1	-1	0,37	0,37	7,8	24,6
4	1	1	1	1	0,37	0,37	6,5	16,3
5	1	-1	0	0	0,53	-0,63	11,3	14,1
6	1	1,08	0	0	0,53	-0,63	8,4	10,5
7	1	0	-1,08	0	-0,63	0,53	14,7	8,4
8	1	0	1,08	0	-0,63	0,53	11,2	13,6
9	1	0	0	0	-0,63	-0,63	7,5	12,1
10	1	0	0	0	-0,63	-0,63	8,0	12,0



А



Б

Рис. 1. Поверхности отклика зависимостей водопоглощения (А) и прочности при сжатии (Б) от дозировки серы (x) и плотности жидкого стекла (y)

Из представленных данных видно, что уменьшение плотности натриевого жидкого стекла примерно в 2 раза снижает прочность бездобавочного жидкостекляного бетона. Также можно сделать вывод о нецелесообразности применения в таком бетоне тонкомолотой серы в качестве гидрофобной добавки, так как она значительно уменьшает механические свойства материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капиллярное водопоглощение и прочность модифицированного тонкомолотой серой цементного бетона / Е.М. Бредерман, Е.Н. Загрузина, А.Б.Лебедев, Ю.М. Придатко // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием сборник материалов конференции. Электронное издание. Ярославский государственный технический университет. 2017. С. 556–559. URL: http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF
2. Планирование эксперимента в решении технологических задач строительства: Методические указания / Сост.: А.Б. Лебедев, Г.Н. Голубь, Ю.М. Придатко. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 36 с.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ С ТОЧЕЧНЫМ ТЕПЛОПРОВОДНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ

М.С. Басова, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен расчет потерь теплоты участка ограждающей конструкции с точечным теплопроводным включением с помощью компьютерной программы ELCUT.

***Ключевые слова:** температурное поле, ограждающая конструкция, теплопроводное включение, тепловые потери.*

THE TEMPERATURE GRADIENT OF THE ENCLOSING STRUCTURE WITH A POINT HEAT-CONDUCTING INCLUSION

M.S. Basova, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the results of the calculation of the thermal gradient of the enclosing structure with a point heat-conducting inclusion using the ELCUT computer program.

***Keywords:** temperature gradient, enclosing structure, heat-conducting inclusion, heat loss*

В целях снижения тепловых потерь и выполнения требований по энергоэффективности СП 50.13330.2012 [1] в строительстве применяют многослойные ограждающие конструкции, содержащие различные элементы с более высокой теплопроводностью, чем теплопроводность основных слоев.

В настоящей работе проведен расчет теплопотерь узла наружного ограждения по исходным данным Приложения Н в СП 50.13330.2012 [1],

где кирпичная стена утеплена минераловатной плитой, прикрепленной к кирпичной кладке тарельчатым дюбелем со стальным сердечником. Характеристика материалов ограждения и схема расчетного узла представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Расчетные характеристики слоев ограждающей конструкции

Материал	Толщина, мм	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
1. Внутренняя штукатурка (цементно-песчаный раствор)	20	0,93
2. Кладка из полнотелого керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	250	0,81
3. Плиты минераловатные	150	0,045
4. Наружная штукатурка (цементно-песчаный раствор)	6	0,93
5. Дюбель со стальным сердечником	-	58

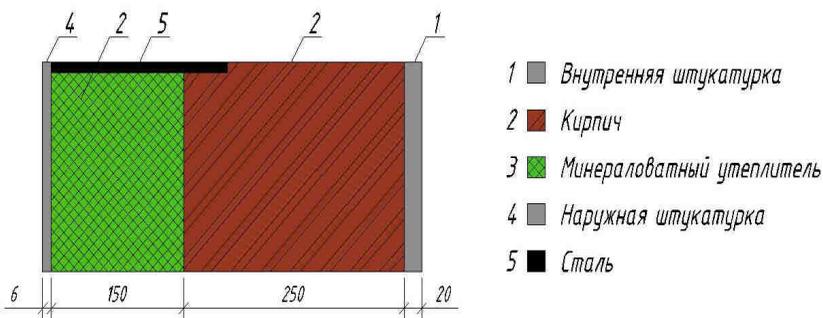


Рис. 1. Схема расчетного узла ограждения

Результаты компьютерного расчета данного узла представлены в примере Приложения Н СП 50.13330.2012 [1], однако в нем не указаны ни конкретный программный продукт, ни условия задания расчетного контура.

Расчет температурного поля узла ограждения нами произведен методом конечных элементов в студенческой версии программы ELCUT [2] с количеством узлов сетки 230 (рис. 2).

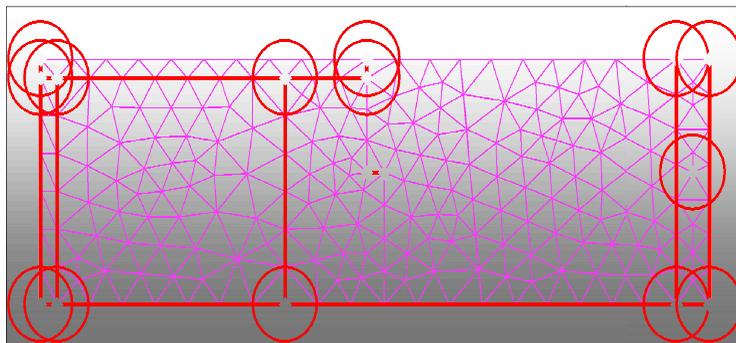


Рис. 2. Шаги дискретизации и сетка конечных элементов расчетного узла

Также нами приняты граничные условия из примера СП 50.13330.2012:

- температура наружного воздуха $t_{\text{ext}} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$.

Картина температурного поля и результаты расчета теплотерь в ограждении с дубелем представлены на рис. 3 и в табл. 2.

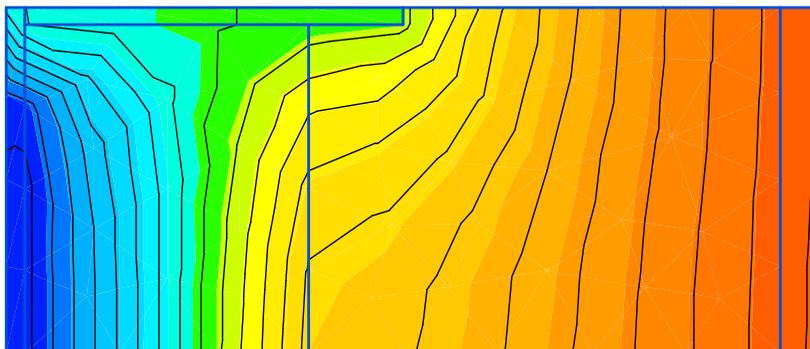


Рис. 3. Картина изолиний температурного поля в ограждении в зоне расположения дубеля

**Таблица 2. Результаты расчета тепловых потерь
в узле с точечным теплопроводным включением**

Расчет	Потери теплоты, Q_k , Вт
По СП 50.13330.2012	1,80
В программе ELCUT	1,69

Относительное отклонение результата расчета теплотерь в программе ELCUT от результата в СП 50.13330.2012 составляет 6,1% и данная программа может быть использована в практических расчетах по обеспечению энергоэффективности зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 139 с.
2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.8. Руководство пользователя. СПб: ПК TOP, 2010. 345 с.

БЕТОННАЯ ПЛИТКА ДЛЯ СИСТЕМ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ

О.С. Тумашкова, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются способы облегчения бетонной фасадной плитки и зависимость прочностных характеристик от вводимых добавок.

***Ключевые слова:** фасадная плитка, прочность на изгиб, керамзит, пластификатор.*

CONCRETE TILE FOR SUSPENDED FACADE SYSTEMS

O.S. Tumashkova, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the ways to reduce the weight of the facade concrete tile, and how the durability parameters depend on the additives introduced.

***Keywords:** facade tile, bending durability, LECA, plasticizer.*

Фасадная цементная плитка – современный отделочный материал, используемый для облицовки внешних стен различных зданий и сооружений. Среди наиболее распространенных причин ее использования, можно выделить: обеспечение дополнительных теплоизоляционных характеристик, улучшения внешних данных строения и защита фасадов от неблагоприятных воздействий окружающей среды, а в перспективе — создание средств и методов защиты, позволяющих довести межремонтные сроки службы конструкций, подверженных воздействию агрессивной среды, до сроков службы, установленных для конструкций, эксплуатируемых в неагрессивной среде [1]. Цементная плитка может крепиться как на поверхность стены, так и использоваться в системе вентилируемо-

го фасада (рис. 1). Навесной вентилируемый фасад – конструкция ограждения стены, состоящая в основном из системы утепления, крепящейся металлическими кронштейнами к несущему основанию, ветрозащитной или пароизоляционной мембраны, воздушного зазора, необходимого для удаления накопленной атмосферной и внутренней влаги, и внешнего облицовочного материала, крепящегося к металлическим кронштейнам [2].



Рис. 1. Система навесного вентилируемого фасада с использованием бетонной плитки

Особенностями цементной плитки являются: высокая ударная прочность; имитация кирпичной кладки, при использовании более тонкого и легкого материала, чем кирпич; более простой процесс изготовления в отличие от керамической плитки (без обжига); экологичность; стойкость к температурным воздействиям. К недостаткам цементной плитки можно отнести: отклонения по толщине отдельных плиток 1-2 мм, разные оттенки и неравномерность цвета, высокая пористость, а также низкие показатели прочности на изгиб, в следствие чего, велик риск появления на ней трещин.

Спрос на цементную плитку для фасада объясняется ее формой под кирпич. Такую плитку можно использовать на любом фасаде, даже если на нем обычный кирпич применить нельзя. В связи с тем, что клинкерная плитка является имитацией кирпичной кладки, ее размеры не отличаются от габаритов кирпича (250x65 мм). При этом вес 1 м² цемент-

ной плитки 45,5-49,2 кг, а вес 1 м² кладки в полкирпича 283,3-316,6 кг. Варианты геометрии цементной плитки представлены на рис. 2.

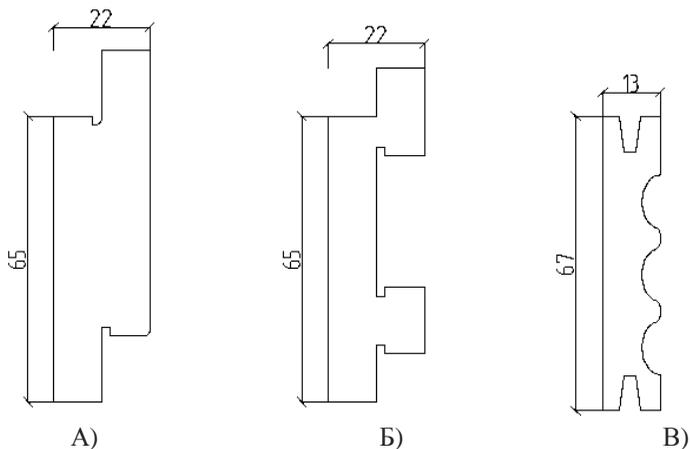


Рис. 2. Геометрия цементных плиток

Цвет плитки, за счет вводимых в цементный раствор красителей, влияет на качество конечного продукта. В табл. 1 представлены цветовые характеристики образцов декоративного бетона в зависимости от количества введенного коричневого пигмента.

Таблица 1. Цветовые характеристики образцов цементной плитки

Количество пигмента, %	Название цвета	Кодировка цвета RGB		
		R (red)	G (green)	B (blue)
0	Маренго	95	103	111
1	Мышино-серый	106	107	105
3	Тусклый серый	100	93	94
5	Темно-серый	86	75	68
7	Серовато-оливковый	89	71	52
7 с 2% пластификатора	Темный терракотовый	76	62	49

Как видно из табл. 2, при увеличении расхода пигмента выше 5% начинается падение прочности контрольных образцов. При этом введение пластификатора позволяет нивелировать это падение.

Подбор вида и расхода пластификатора представляется актуальной задачей для обеспечения полного заполнения элементов сложнопрофилированных форм подвижной смесью.

Для совершенствования фасадных систем, необходимо разработать рецептуру состава, которая позволит снизить вес плитки, а соответственно и нагрузку на подсистему НВФ, при этом повысить ее прочность и сохранить декоративные свойства плитки.

Таблица 2. Прочностные характеристики контрольных образцов декоративного бетона

Количество пигмента, %	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Плотность, гр/см ³
0	4,6	24,8	2,21
1	5,19	28,2	2,26
3	4,81	36,0	2,14
5	4,76	36,2	2,20
7	3,77	28,4	2,21
7 (с пластификатором)	5,45	38,9	2,28

Учитывая схему крепления плитки и высокие нагрузки на тонкостенные элементы подсистемы из оцинкованной стали, одной из основных задач разработки фасадной плитки является необходимость снижения ее веса. Снизить вес конечного продукта (цементной плитки) можно различными способами. Нами будут рассмотрены: добавление керамзита, воздухововлекающей добавки в бетонную смесь, а также уменьшение толщины готового изделия при его армировании фиброй.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологическая и климатическая стойкость цементных композитов // В.Т. Ерофеев, А.И. Родин, А.В. Дергунова, Е.Н. Сураева, В.Ф. Смирнов, А.Д. Богатов, С.В. Казначеев, С.Н. Карпушин // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 3. 162 с.
2. Лаушкина Е.И. Толщина теплоизоляции в навесных вентилируемых фасадах в зависимости от региона / Е.И. Лаушкина, В.В. Радаева // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 2 (65). С. 7-19.

УДК 691.32

НОВЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д.С. Ильичев, А.В. Куликов, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучены новые виды бетона с использованием гиперпластификаторов и мелкодисперсных наполнителей.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, реакционно-порошковый бетон.

NEW TYPES OF CONCRETE IN MODERN CONSTRUCTION

D.S. Il'yichev, A.V. Kulikov, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines new types of concrete using hyperplasticizers and fine aggregates.

Keywords: self-compacting concrete, reaction-powder concrete.

Современное строительство требует разнообразия строительных материалов с различными комплексами свойств. Большие ожидания связаны с совершенствованием технологии бетона – материала наиболее широко применяющегося в строительстве.

Для получения бетонов с различными свойствами необходимо целенаправленно управлять их структурированием, поскольку структура материала определяет его свойства. В настоящее время существенно расширились возможности управления структурированием, так как появились новые сырьевые материалы для бетона и новые технологические возможности получения бетонов с разными структурами [1].

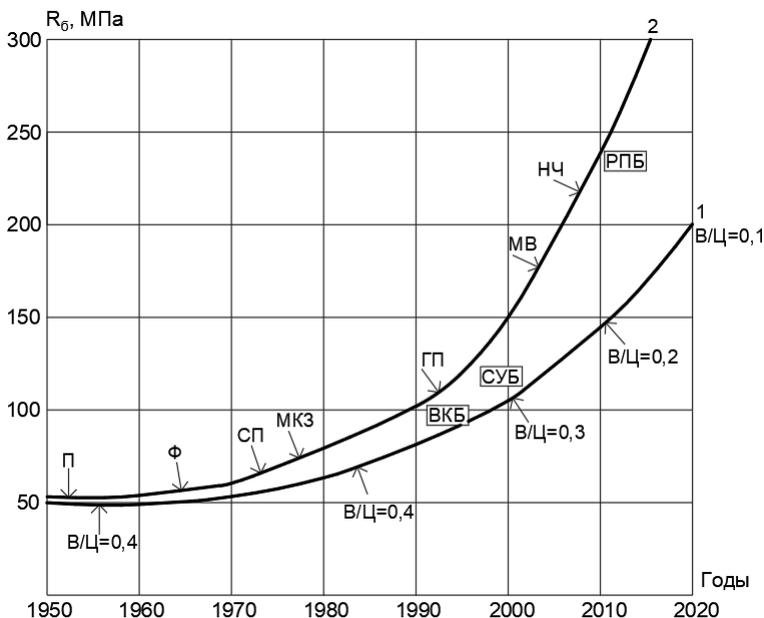


Рис. 1. Развитие технологии бетона: 1 – повышение прочности вследствие уменьшения В/Ц; 2 – повышение прочности за счет уменьшения В/Ц и модернизации структуры вследствие применения различных технологических приемов
 Обозначения: П – пластификаторы, Ф – фибра, СП – суперпластификатор, МКЗ – микрокремнезем, ГП – гиперпластификатор, МВ – микроволокна, НЧ – наночастицы, ВКБ – высококачественный бетон, СУБ – самоуплотняющийся бетон, РПБ – реакционный порошок бетон [1]

Одним из таких является самоуплотняющийся бетон. История самоуплотняющегося бетона началась в Японии в 1990 году. Там профессором Хаймой Окамурай было создано и внедрено в практику новое поколение добавок к бетону, а именно высокоэффективные добавки для улучшения текучести на базе полиакрилата и поликарбоксилата. Ему удалось создать бетон, имеющий высокую пластичность и низкое содержание воды. Кроме Окамуры, в создании и развитии самоуплотняющегося бетона принимали участие профессора К. Маекава и Кацумаса Озава.

Благодаря уникальным свойствам и преимуществам этого бетона, он быстро распространился в направлении Западной Европы. В начале этот бетон использовался на предприятиях, производивших готовые железобетонные изделия. Затем самоуплотняющийся бетон стал активно использоваться в качестве так называемого «транспортного бетона», т.е.

бетона, который доставляется и укладывается непосредственно на строительной площадке [2].

Эксплуатационные характеристики и состав допускают применение самоуплотняющегося бетона в различных сферах строительства. Отличающиеся по подвижности и вязкости составы применяются для заливки конструкций сложной формы, в том числе, с густым армированием, вертикальных бетонных элементов зданий и сооружений. Согласно строительным нормам самоуплотняющийся бетон применяется: для производства сборных железобетонных элементов и конструкций; при возведении конструкций для гидротехнических сооружений; для ремонта и реставрации объектов, в том числе с применением торкретирования; при устройстве прочного пола без швов, рассчитанного на высокие нагрузки; для получения прочных поверхностей, не требующих дополнительной обработки; при заливке элементов с густой армирующей сеткой; при строительстве зданий и сооружений, к прочности которых предъявляются повышенные требования; для производства кирпича леги; для тонких и прочных элементов с минимальной массой – перестенков, элементов ограждений [3].

Концепция реакционно-порошкового бетона (RPC) была впервые разработана П. Ричардом и М. Чейрези, а он был впервые изготовлен в начале 1990-х годов исследователями из лаборатории Буига во Франции. Первое испытание RPC было выполнено на пешеходном / велосипедном мосту в городе Шербрук, Квебек, Канада в 1997 г., вследствие чего был номинирован на премию Nova в 1999 году от Инновационного строительного форума. Разработка RPC основана на применении некоторых основных принципов для достижения повышенной однородности, очень хорошей обрабатываемости, высокого уплотнения, улучшенной микроструктуры и высокой пластичности, сверхплотной микроструктурой, что обеспечивает отличные характеристики гидроизоляции и долговечности. Поэтому он может быть подходящим выбором для промышленных и ядерных хранилищ отходов и используется в наше время успешно для изоляции и локализации ядерных отходов в Европе [4].

Реактивный порошковый бетон можно рассматривать как перспективный материал, обеспечивающий сверхвысокую прочность и отличную долговечность. [5] RPC представляет собой один из самых последних технологических скачков, засвидетельствованных в строительной промышленности [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: Учебник. М.: Изд-во АСВ, 2011. 528 с.
2. *Vizit.ru* [Электронный ресурс]. Режим доступа: vuzlit.ru/1235409/istoriya_issledovaniya_samouplotnyayuschegosya_betona, свободный (17.10.2018)

3. MasteraBetona [Электронный ресурс]. Режим доступа: masterabetona.ru/vidy/773-samouplotnyayushhijsya-beton, свободный (17.10.2018)
4. The Concrete Portal [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.theconcreteportal.com/reac_pow.html, свободный (17.10.2018)
5. Optimizing the Performance of Reactive Powder Concrete / M. Osama Ramadan, Amr Gamal, Mona Sayed, Amr Meawad.
6. Ultra High Strength Concrete Using Economical Materials / Nageh N. Melekaa, Alaa A. Bashandya, Mohamed A. Arabb.

ИНЪЕКЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

А.Б. Османов, И.У. Дарсалия, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализированы типовые материалы, применяемые для восстановления горизонтальной гидроизоляции. Выполнено натурное моделирование инъектирования каменной кладки гидрофобизирующим составом.

***Ключевые слова:** вторичная гидроизоляция, инъекционная гидроизоляция, гидрофобизатор.*

INJECTION WATERPROOFING OF STONE STRUCTURES

A.B. Osmanov, I.U. Darsaliya, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the analysis of typical materials which are used to restore horizontal waterproofing. We have performed field simulation of the injection of stone laying with a water-repellent agent.

***Keywords:** secondary waterproofing, injection waterproofing, water-repellent agent.*

Все здания и сооружения подвержены воздействию влаги. Следствием этого становится преждевременное разрушение конструкций [1]. Горизонтальная гидроизоляция, выполненная при строительстве здания, к настоящему времени по разным причинам часто не выполняют свою функцию. Особенно часто это наблюдается для зданий старше 100 лет, стены которых выполнены из керамического кирпича. В результате подвалы домов регулярно затапливаются, а стены цокольной и подвальной части увлажнены, что снижает эксплуатационные характеристики здания и может приводить к преждевременным разрушениям.

На сегодняшний день имеется большое количество инъекционных гидроизоляционных материалов для, примеры которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Инъекционные материалы

Тип	Марка материала	Описание	Расход	Стоимость
Микроцем.	Stabilcem T	Однокомпонентный смешанный раствор, состоящий из высокопрочного цемента, микрокремнезема, расширяющихся агентов	1750 кг/м ³	65 руб./кг
Микроцем.	РЕНОВИР Инжект	Инъекционная смесь на известково-цементной основе с содержанием тонкомолотых наполнителей	10 кг/п.м.	75 руб./кг
Эпоксидные смолы	ISOPUR 3000	Двухкомпонентная система на основе полиуретановой смолы с низкой вязкостью	-	578 руб./кг
Гидрофобизатор	С-417	Кремнеорганические соединения, вода. Препятствует проникновению влаги в структуру материала.	0,25 кг/м ²	110 руб./л

В научной работе предлагается изучить применение инъекционных гидроизоляционных материалов для решения задач восстановления горизонтальной гидроизоляции.

Ранее было установлено, что после выполнения инъекционной гидроизоляции образца из мелкозернистого бетона материалом «Гидрофобизатор С-417» происходит снижение водопоглощения образца в 7 раз, а раствором силиката натрия - снижение водопоглощения образца в 2,9 раз. Результаты определения водопоглощения контрольных образцов представлены на рис. 1.

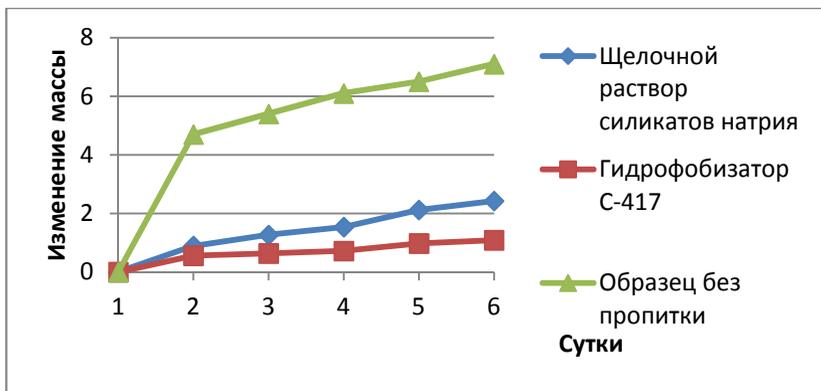


Рис. 1. Водопоглощение образцов, г

Было принято решение исследовать возможное применение гидрофобизатора С-417 для инъекции кирпичной кладки. Был изготовлен модельный фрагмент кирпичной кладки из керамического кирпича М100, раствора М75, $R_{сж}$ кладки 1,7 МПа, согласно СП15.13330.2012. Схема выполненного стенда представлена на рис. 2. Было установлено, что при выполнении инъекционных работ в связи с малой вязкости гидрофобизирующего состава, происходит фильтрация инъекционного состава, как через цементно-песчаный раствор, так и через керамических кирпич. Схема фильтрации представлена на рис. 3.

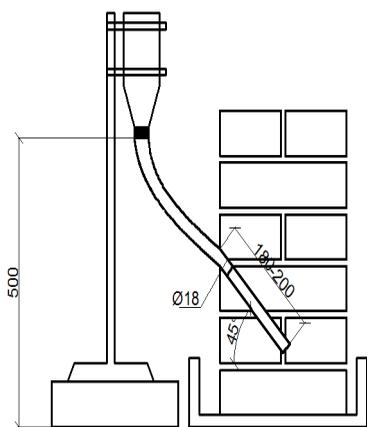


Рис. 2. Фрагмент кирпичной кладки



Рис. 3. Распространение инъекционного материала

Таким образом установлено, что гидрофобизирующий состав хорошо пропитывает каменные конструкции. В дальнейшем будет изучено, насколько данный материал эффективен для восстановления горизонтальной (отсечной) гидроизоляции и будет ли препятствовать капиллярному проникновению влаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарубина Л.* Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. СПб.: Издательство БХВ-Петербург, 2011.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТ ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

А.О. Мурашов, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены схемы усиления изгибаемых железобетонных элементов. Проанализированы нормативные требования, предъявляемые к системам внешнего армирования композитными материалами. Рассмотрены варианты огнезащиты конструкций, усиленных композиционными материалами.

***Ключевые слова:** система внешнего армирования, температура воздуха, температура поверхности, ровность основания, огнезащита конструкции.*

TECHNOLOGICAL SPECIFICS OF WORKS AT REINFORCING THE REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH COMPOSITE MATERIALS

A.O. Murashov, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the schemes of reinforcement of flexible reinforced concrete elements. We analyzed the requirements for external reinforcement systems with composite materials. We also examined the fire protection options of structures reinforced with composite materials.

***Keywords:** external reinforcement system, air temperature, surface temperature, base evenness, fire protection of the structure.*

В строительной практике при экстремальных воздействиях окружающей среды происходит повреждение отдельных конструкций и частей зданий. Для устранения этих повреждений возникает необходимость усиления конструкций, несущая способность которых снижается. Наряду с восстановлением несущей способности элементов при реконструкции

зданий возникает необходимость увеличить несущую способность конструкции для компенсации увеличения нагрузки (вследствие появления надстройки или монтажа дополнительного технологического оборудования). На рис. 1 приведены некоторые конструктивные решения по усилению изгибаемых железобетонных элементов.

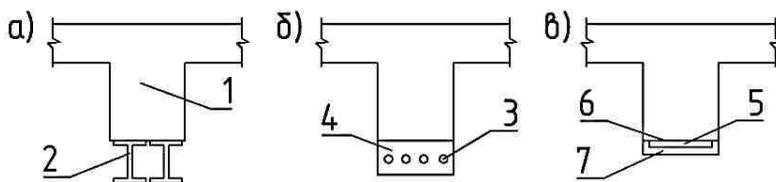


Рис. 1. Варианты усиления железобетонного ригеля:

- а – установка дополнительных балок, б – подращивание,
в – усиление композитным материалом, 1 – железобетонный ригель,
2 – дополнительная балка, 3 – арматурный стержень,
4 – бетон подращивания, 5 – композитный материал,
6 – эпоксидный клей, 7 – огнезащита

Рис. 1а иллюстрирует усиления железобетонной балки 1 путем установки дополнительных балок 2, в качестве которых, как правило, применяют металлические профили (швеллер, двутавр). Однако такая система внешнего армирования получается достаточно громоздкой, что исключает ее применение в зданиях с невысокими потолками.

На рис. 1б приведен вариант усиления изгибаемого железобетонного элемента 1 путем подращивания. Система внешнего армирования состоит из арматурных стержней 3, омоноличенных в мелкозернистой бетонной смеси 4. Такой вариант в отличие от предыдущего существенно не увеличивает высоту изгибаемого элемента.

Одним из недостатков рассмотренных ранее вариантов усиления является их значительная масса, что влияет на трудоемкость работ. На рис. 1в представлен способ усиления изгибаемого железобетонного ригеля композитным материалом 5 на основе углеродных, арамидных (кевлар) или стекловолокон, омоноличенных в эпоксидной смоле. Такая система внешнего армирования имеет минимальную толщину и массу относительно способов рассмотренных ранее. Адгезив на основе эпоксидной смолы 6 обеспечивает надежный контакт усиливаемого элемента и композита. Однако для данной системы внешнего армирования требуется огнезащита 7, обеспечивающая сохранность композита и адгезива в условиях воздействия повышенных температур.

В строительстве применяются клеи на основе полиэстера, винило-вых полиэфиров, полиуретана. Однако они имеют один общий недоста-

ток – относительно большие усадочные деформации, что существенно снижает их область применения особенно при усилении большепролетных конструкций. Сегодня наиболее широко распространены клеевые составы на эпоксидной основе, которые обеспечивают необходимую адгезию композитного материала к бетонной поверхности и почти не подвержены усадочным деформациям.

В целях максимального использования прочностных характеристик клеящего состава к усиливаемым элементам и окружающей рабочей среде предъявляются особые требования: температура воздуха и поверхности, а также ровность основания.

Согласно [1], при устройстве системы внешнего необходимо поддерживать температуру воздуха в диапазоне 5-35 °С. Данное ограничение связано с особенностями твердения адгезива, который быстро схватывается и медленно набирает прочность при высоких и низких температурах соответственно. Выполнение работ при отрицательных температурах возможно при использовании специальных добавок (пластификатор – фуриловый спирт, ускоритель твердения – хлорное железо [2]).

В соответствии с [1] температура поверхности конструкции должна превышать точку росы на 3 °С и быть не ниже 5 °С. Такое ограничение находит подтверждение в [2], где сказано, что нанесение клеящих составов на влажные и замерзшие поверхности не допускается. Данное ограничение связано с тем, что многие адгезивы предназначены для соединения сухих поверхностей. Однако существуют специальные эпоксидные составы для соединения влажных конструкций.

В [1] представлены требования, предъявляемые к поверхности усиливаемой конструкции. Прежде всего, необходимо очистить поверхность бетона от загрязнений. Во время ремонтных работ важно обеспечить сохранность существующей в конструкции стальной арматуры. Для этого необходимо заинъецировать трещины с шириной раскрытия более 0,2 мм низковязким эпоксидным составом, а оставшиеся трещины и сколы защитного слоя бетона заделать ремонтными смесями, которые также можно применить при выравнивании поверхности. Ее неровность не должна превышать 5 мм на базе 2 м или 1 мм на базе 0,3 м.

Одним из главных недостатков системы внешнего армирования композитными материалами является ее низкая огнестойкость. Температура стеклования эпоксидного связующего находится в пределах 50-60 °С [2]. Однако возможно применение эпоксидных смол с высокой температурой стеклования до 200-250 °С, но таких показателей не достаточно для обеспечения нормативной огнестойкости конструкции. Снижение прочности композитного материала происходит уже при температуре 50-60 °С, когда полимерная матрица достигает температуры стеклования. Следовательно, особое внимание должно уделяться огнезащите

конструкции (табл. 1), которая также защищает композит от ультрафиолетового излучения, оказывающего разрушающее воздействие на полимерную матрицу.

Таблица 1. Варианты огнезащиты

Вариант огнезащиты	Толщина защитного слоя, мм	Предел огнестойкости, мин
Штукатурный состав, способный отражать инфракрасное излучение (ЛИТЕК-ВАГНЕР)	28	60
	40	120
Плиты из каменной ваты переменной плотности, на стальных анкерах (Rockwool)	80	120
Плиты из каменной ваты, закрепленные огнестойким клеем и стальными анкерами (Изовент-УП)	50	60
	68	120
	110	180

Представленные конструктивные решения огнезащиты позволяют обеспечить предел огнестойкости несущих конструкций здания R120, что согласно [3] соответствует I степени огнестойкости здания.

Другим вариантом защиты композитного материала от высоких температур является замена эпоксидного адгезива на цементно-песчаный раствор. Данное решение позволяет одновременно обеспечить необходимую адгезию системы внешнего армирования к усиливаемой конструкции и создать защитный слой на поверхности композита.

Таким образом, применение композитных материалов для усиления и восстановления несущей способности строительных конструкций является перспективной технологией. Рациональный подбор компонентов системы позволяет реализовать ее в различных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2014.
2. Шилин А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. М.: Стройиздат, 2007. 184 с.
3. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2). М.: ГУП ЦПП, 2002.

**АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ МАССИВНЫХ ГУСТОАРМИРОВАННЫХ
ЛЕСТНИЦ В БОЛЬШОЙ СПОРТИВНОЙ АРЕНЕ
“ЛУЖНИКИ”**

А.Е. Ларичев, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе проведен анализ напряженно-деформированного состояния и определения несущей способности, необходимой для повышения технологичности проектных решений массивных густоармированных лестниц.

***Ключевые слова:** Железобетонная густоармированная каскадная лестница, тавровая балка, бетонирование густоармированных конструкций, температурные воздействия на железобетон.*

**ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF MASSIVE
HIGH-DENSITY REINFORCEMENT CONCRETE STAIRS
IN A LARGE SPORTS ARENA “LUZHNIKI”**

A.E. Larichev, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper analyzes the stress-strain state and the determination of the bearing capacity necessary to improve the manufacturability of design solutions of massive densely reinforced stairs.

***Keywords:** high-density reinforcement concrete cascading staircase, T-beam, concreting casting of densely reinforced structures, temperature effect on reinforced concrete.*

Введение

Большая спортивная арена «Лужники» – многофункциональный футбольный стадион высшей категории разряда «А» (по международной классификации «Элит») круглогодичного использования с возможностью проведения массовых мероприятий культурно-зрелищного характера. По

виду эксплуатационной безопасности и классификации сооружения по функциональному назначению БСА «Лужники»- относится к 3 типу эксплуатационных режимов [1].

Реконструкция стадиона проводилась на режим «FIFA» для проведения игр Чемпионата Мира по футболу 2018 г., а также на режим «Наследие» – эксплуатационный период после Чемпионата мира по футболу 2018 г.

Стадион включает в себя игровое поле (68,0×105,0 м), трибуны на 81000 зрительских мест и целый ряд конструкций, подвергающихся комплексным знакопеременным нагрузкам и воздействиям. К ним относят: большепролетные покрытия над трибунами, лестничные площадки, лестничные марши, стальные балки и фермы перекрытий, объекты инженерной инфраструктуры.

Описание исследования

Железобетонная каскадная лестница проектируется по контуру стадиона, имеет монолитный марш и рассматривается в виде тавра, представленного на рис. 1.

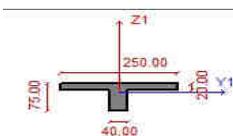


Рис. 1. Тавровая балка

Геометрические размеры приведены на рис. 2.

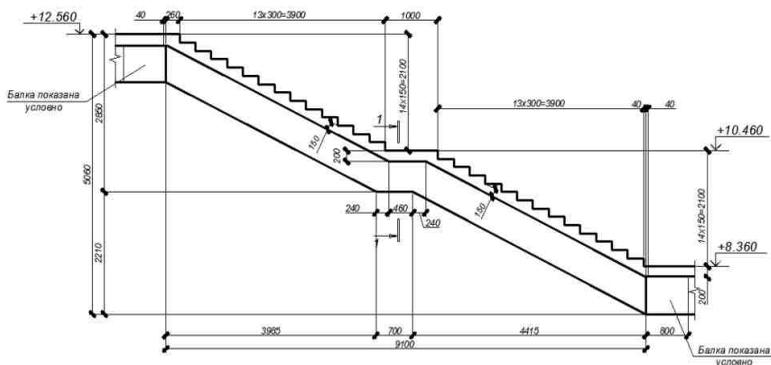


Рис. 2. Чертеж лестницы

Загружения конструкции производились согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [2]. Расчетная схема смоделирована с учетом признака схемы «Шесть степеней свободы», в которой осуществлялись загрузки и рассмотрение четырех расчетных сочетаний нагрузок (табл. 1) [3].

Таблица 1. Расчётные сочетания нагрузок

№ загрузки	Наименование, ед. измерения	Значение нагрузки	Коэффициент надежности	Сочетания нагрузок						
				1	2	3	4	5	6	7
1	Собственный вес, кН/м	19.8	1.1	1	1	1	1	1	1	1
2	Вес перил, кН/м	0.12	1.1	1	1	1	1	1	1	1
3	Равномерно распределенная нагрузка, кН/м	5	1.1	1	0	1	1	0	1	0
4	Зыбкость, кН	1	1.1	1	1	0	1	1	0	0
5	Линейное температурное расширение, °С	5.4	1.2	1	1	1	0	0	0	0

Под воздействием температуры в железобетоне возникают внутренние взаимно уравновешенные напряжения, вызванные некоторым различием в значениях коэффициента линейной температурной деформации цементного камня, зерен заполнителей и стальной арматуры.

При воздействии на конструкцию температуры до 50 °С внутренние напряжения невелики и практически не приводят к снижению прочности железобетона, используемого для расчета лестничного марша [4].

В результате расчёта в программном комплексе Ли́ра [2] были получены усилия и перемещения в конструктивных элементах (рис. 3).

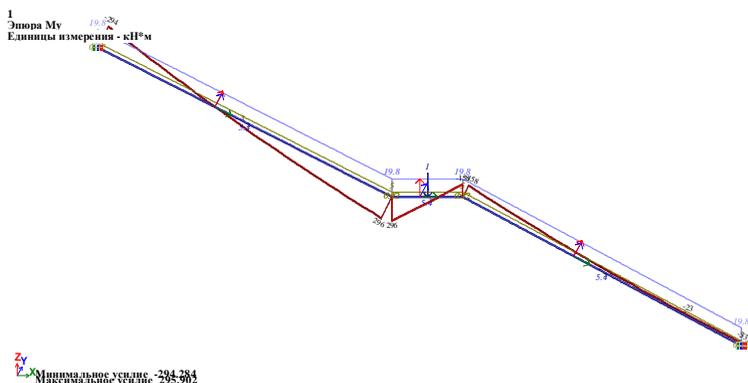


Рис. 3. Эпюра изгибающих моментов M_u

Максимальное усилие элемента составило 295.9 Кн*м. В результате расчета был подобран бетон класса В40, рабочая арматура класса А500С, монтажная арматура класса А240 и дополнительная вертикальная арматура класса А500С для усиления центральной части лестничного марша (рис. 4).

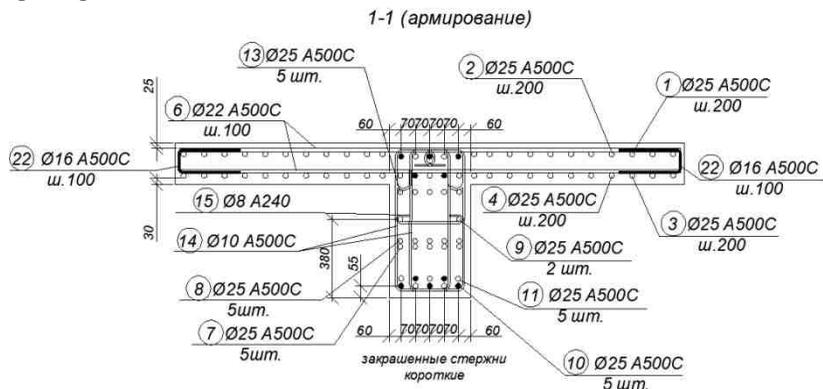


Рис. 4. Армирование центральной части лестничного марша

Вывод: Густое армирование не позволяет использовать классический вариант тяжелого бетона. С учетом представленных в [5] рекомендаций армирования и величины защитных слоев 25 мм, (рис.4) максимальная крупность зерен должна быть не более 10 мм. Для полноценного заполнения пустот в этой и аналогичных конструкциях требуется использовать особые виды бетона, например, самоуплотняющийся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 255.1325800.2016 Здания и сооружения. Правила эксплуатации.
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [Текст]: официальное издание / Минрегион России. М. : ОАО «ЦПП», 2011.
3. Программный комплекс «ЛИРА-САПР» ID ключ: 7589233054.
4. Байков В.Н. Железобетонные конструкции (Общий курс): учеб. для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991.
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции.

О ПРИМЕНЕНИИ ПРОЗРАЧНОГО БЕТОНА

И.Н. Рочев, А.К. Перцев, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучены свойства прозрачного бетона с использованием в структуре световых оптических элементов – оптоволокон. При соединении оптоволоконном двух противоположных граней бетонного изделия свет проходит по оптоволокну от одной стороны, к другой.

Ключевые слова: прозрачный бетон, оптоволоконно, свет.

ON THE APPLICATION OF TRANSPARENT CONCRETE

I.N. Rochev, A.K. Pertsev, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Transparent concrete is examined using optical fiber elements in the structure, specifically, optical fiber. When fiber connects two opposite sides of a concrete product, light travels through the fiber from one side to the other.

Keywords: transparent concrete, optical fiber, light.

Прозрачный бетон является уникальным строительным материалом, который изобрел венгерский архитектор Арон Лошонци [4]. Прозрачный бетон является совершенно новым направлением в семействе бетонов, его производство крайне дорого и отличается сложным техническим исполнением. На сегодняшний день всего лишь несколько компаний занимаются производством прозрачного бетона, что объясняется сложным технологическим процессом производства [1].

В нашей работе мы определили два направления использования светопроницающего бетона:

1. устройство архитектурных композиций с декоративными свойствами,

2. возведение несущих наружных стен, совмещающих роль несущей конструкции и светопроводящего ограждения, обеспечивающих инсоляцию помещения.

Светопроводящая способность прозрачного бетона обеспечивается наличием в нём световых оптических элементов, в частности оптоволоконка.

Свет проходит от одной грани бетона к другой, через весь объём. Таким образом, оптические элементы должны проходить через весь объект. Это приводит к появлению светового рисунка на другой поверхности, в зависимости от структуры волокна, т.е. тени, отброшенные на бетон, появляются с другой его стороны в виде силуэтов.



Рис. 1. Светопроводящее ограждение

Прозрачный бетон по своим техническим характеристикам схож с лёгким бетоном, который справляется с нагрузками в составе небольших архитектурных конструкций [2].

В нашей работе мы приняли следующие соотношения составляющих [3]:

Таблица 1. Состав прозрачного бетона, кг/м³

Песок	Вода	Цемент	Оптоволоконно
1310	265	520	105

Нами было испробовано несколько методов производства данного вида бетонов. Самым неудачным из них было укладывание оптоволоконка в инвентарную опалубку вручную. Самым же успешным было создание собственной опалубки из ПВХ панелей, по сторонам которых были сде-

ланы прорези, и в них укладывалось оптоволоконно на необходимой для получения рисунка высоте. После раскладывания, оптоволоконно фиксировалось изолентой с внешних сторон, плотно заделав стыки с нижней платформой, производилась заливка бетонной смеси и её уплотнение.

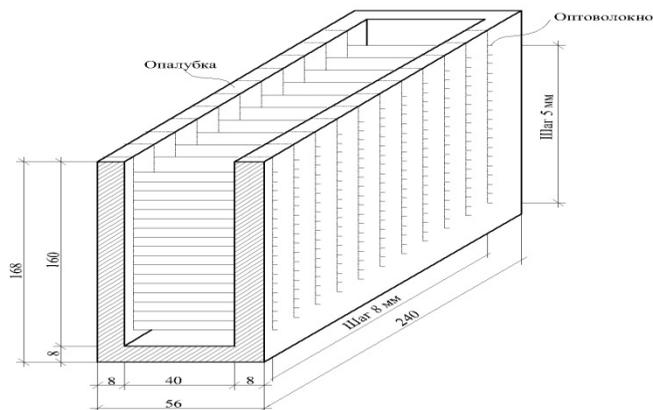


Рис. 2. Схема размещения оптоволоконна

В процессе работы нами были выявлены недостатки используемых методов:

1. Риск повреждения опалубки и смещения оптоволоконна при уплотнении бетонной смеси.
2. Сборка и конструирование индивидуальной опалубки.

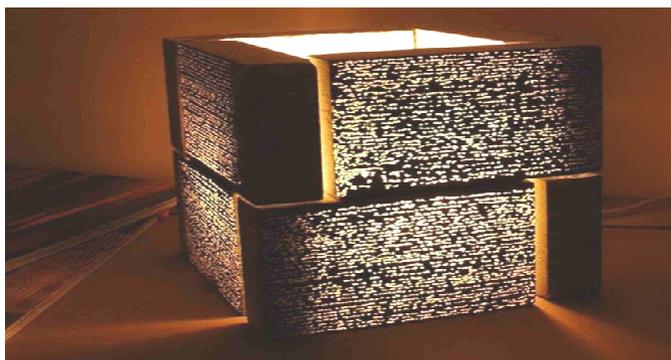


Рис. 3. Декоративный светильник из прозрачного бетона

Нами также были проведены исследования по второму направлению использования прозрачного бетона. Для испытания были изготовлены образцы – балочки размерами 16х4х4 см с поперечным и продольным расположением оптоволокна. Были проведены испытания на изгиб и сжатие.

Таблица 2. Результаты испытаний

Оптоволокно	Поперечное	Продольное
Изгиб	3,88 МПа	
Сжатие	166 кгс/см ²	194 кгс/см ²

Принимая во внимание результаты испытаний и марку цемента М500 использованную при производстве бетона, можно предположить что, прозрачный бетон может быть использован в качестве несущей конструкции. Также в результате испытаний на изгиб было замечено, что образцы с поперечным волокном разрушались строго по проходящему оптоволокну. На пути к выведению точных пропорций для получения прочного бетона, нам ещё предстоит изучить, как влияет процентное содержание оптоволокна в бетоне на его прочность, и способно ли оно выступать в роли фибры, обеспечивая армирующий эффект.

В заключении хочется выделить основное, с нашей точки зрения, направление использования прозрачного бетона. Это архитектурные композиции с декоративными свойствами: столешницы, светильники, перегородки из крупных блоков. Однако, учитывая большую стоимость данного изделия на рынке – цена за квадратный метр может достигать тысячи долларов, данный продукт не скоро выйдет в массы [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The constructor [Электронный ресурс]. Режим доступа: theconstructor.org/concrete/transparent-concrete-light-transmitting-concrete/9271/, свободный (13.10.2018).
2. Мастера Бетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: masterabetona.ru/vidy/527-prozrachnyj-beton, свободный (13.10.2018).
3. Замес бетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: zamesbetona.ru/podgotovka/prozrachnyj-beton.html, свободный (13.10.2018).
4. *Halbiniak Jacek*. Translucent concrete as the building material of the 21th century / *Jacek Halbiniak, Paulina Sroka* // *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2015. Vol. 15. No. I. 23-28.

АРМИРОВАНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

И.С. Левашов, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается подбор состава бетонной смеси с использованием разных видов пигментов, армирования и добавок, с целью создания декоративного состава с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: декоративный бетон, пигмент, армирование, фибробетон.

REINFORCEMENT OF DECORATIVE CONCRETE PRODUCTS

I.S. Levashov, V.B. Dobrohotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrohotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider the selection of the composition of the concrete mixture using different types of pigments, reinforcement, and additives in order to create a decorative composition with improved performance.

Keywords: decorative concrete, pigment, reinforcement, fiber concrete.

На протяжении последних лет декоративный бетон получает все большее признание в качестве материала, используемого для повышения эстетической привлекательности зданий и сооружений.

Применяя в качестве компонентов бетона цветные цементы, специальные заполнители, можно придавать бетону вид разнообразных каменных материалов природного происхождения. Поверхность бетона может быть подвергнута специальной обработке, с целью получения выразительной декоративной фактуры. Использование свойства пластичности бетонного раствора дает возможность находить бетону широчайшее применение при изготовлении различных декоративных элементов зда-

ний и сооружений, формировать изделия из бетона, имеющие рельефную поверхность, а также придавать при необходимости бетонным изделиям самую разную конфигурацию.

Декоративные бетоны разделяются на две категории:

- цветные бетоны,
- бетоны с особо выразительной структурой или имитирующие природные материалы и различные фактуры (натуральный камень, доска, булыжник, гранит, брусчатка и т.д.) с применением любого цвета. В свою очередь делятся по технологии нанесения рельефа на пресованные, печатные и штампованные.

Состав декоративных бетонов:

Пигменты минерального и органического происхождения, цветные и белые цементы. Наиболее часто используют минеральные пигменты, которые, как правило, являются оксидами или солями различных металлов.

Чтобы уменьшить расслоение цветного бетона и добиться большей равномерности окраски, используют воздухововлекающие добавки, а также вводят в небольших количествах тонкие фракции некоторых материалов (жирной извести, тонкомолотого известняка и др.).

В качестве мелкого заполнителя в цветных бетонах используются кварцевые пески, не содержащие примеси оксидов железа, поскольку те окрашивают бетон в серый цвет. При применении цветных цементов иногда из песка удаляют мелкие фракции (до 0,16 или 0,315 мм), чтобы не уменьшалась насыщенность, яркость цвета.

Доломит и светлый известняк обычно применяются в качестве крупных заполнителей. Также находят широкое применение такие заполнители, как щебень и дробленые пески из мрамора, отходы камнедробления, высевки туфа, дробленое цветное стекло, базальт, слюда, гранит и др.

Широко используют щебень и крупный песок из красного, розового или серого гранита, из белого или желтого известняка, белого, черного, красного и иных цветов мрамора, пегматита и других пород. Кроме того, декоративными заполнителями служат дробленая керамика, цветное стекло (в виде боя или специально получаемого эрклеза), иногда антрацит.

Пигменты – это сухие красящие порошки, являющиеся также наполнителями системы; нерастворимые в воде, масле и других растворителях. В зависимости от происхождения пигменты классифицируются на минеральные и органические. А по способу получения - на природные и искусственные. Для получения природных минеральных пигментов производят механическую обработку природных материалов: помол,

просев или отмачивание. Важные свойства пигментов для создания бетонной смеси:

1. Укрывистость, кроющая способность – свойство пигмента делать невидимым, перекрывать цвет окрашиваемой поверхности, оценивается количеством пигмента в граммах, необходимым для получения на стеклянной пластинке площадью 1 кв.м непрозрачного слоя краски.

2. Красящая способность, то есть интенсивность окраски, свойство передавать свой цвет другим пигментам, с которыми он тщательно перемешаны, оценивается в % по отношению к красящей способности эталона, для белых пигментов аналогично оценивается разбеливающая способность красящих пигментов.

3. Маслоспособность, минимальное количество пленкообразующего, обычно льняного масла в граммах, необходимое для превращения 100 грамм сухого пигмента в однородное пастообразное состояние пигментной массы.

4. Диспергируемость – это способность пигмента измельчаться и распределяться в дисперсионной среде при пигментировании.

5. Светостойкость пигмента – это способность пигментов сохранять свой цвет при воздействии естественного и искусственного дневного света.

6. Влияние на прочностные характеристики. Важно понимать зависимость прочностных характеристик изделия, таких как: прочность при сжатии, изгибе, от доли и вида внесенного пигмента.

Сегодня многие считают фиброволокно прекрасной заменой металлической сетке. Кроме экономической выгоды, волокна препятствуют образованию микротрещин, в то время как стальная арматура сдерживает стяжку уже после образования трещины. Также фиброволокно предупреждает проникновение в строительный раствор воды и других химических элементов. Микроволокна блокируют капилляры и количество отверстий от выступившей воды уменьшается.

Благодаря фиброволокну в смесях присутствует некоторое количество воздуха, которое дает возможность жидкости сжиматься или расширяться в процессе перепада температуры.

Существует несколько видов фиброволокна:

1. Полипропиленовое — добавка, модифицирующая структуру на микроуровне. Используется для микроармирования смесей на цементной основе. Предотвращает появление микротрещин.

2. Базальтовое – используется для строительства конструкций из гипса, легких и тяжелых бетонов, добавляется в разные наполнители при изготовлении пластика, а также пресс-материалов.

3. Стекловолокно — незаменимо при изготовлении малых архитектурных изделий, лепнины, скульптур.

4. Фибра стальная – в отличие от стальной арматуры, фибра более экономичный вариант. Прекрасно проявляет себя при строительстве дорог, паркингов, мостов, площадок, фундаментов, наливных полов, стяжек, тротуарной плитки, памятников, заборов и прочих бетонных конструкций. Отлично сочетается с полипропиленовой фиброй.

Армирование бетонной смеси позволило получить материал с уникальными техническими характеристиками — фибробетон. Достоинства фибробетона:

- Ударная прочность или вязкость (в 3-5 раз превышает ударную прочность бетона)
- водонепроницаемость
- морозостойкость
- стойкость к сильным перепадам температур
- пожаробезопасность
- не имеет тенденций к усадке
- прочность при сжатии, осевом растяжении, растяжении при изгибе.

В настоящей работе осуществляется подбор состава декоративных бетонных изделий с учетом концентрации, размера частиц армирующих волокон, а также вида и доли пигмента. Основными параметрами сравнения являются : прочность на изгиб, на сжатие и светостойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительные материалы. Фиброволокно. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beton-area.com/fibrovolochno.html><https://gia.ru/spravka/20160216/1375177848.html>
2. «Росхимпром». Пигменты в бетоне. [Электронный ресурс]. URL: http://www.roshimprom.ru/article/section_to_article_2/the_pigments_in_the_concrete/
3. Studbooks. Декоративные бетоны [Электронный ресурс]. URL: https://studbooks.net/2304181/nedvizhimost/dekorativnyy_beton
4. Alley-science.ru. Фибробетон [Электронный ресурс]. URL: https://www.alley-science.ru/domains_data/files/2-17November/FIBROBETON.%20EGO%20POLUCHENIE,%20SVOYSTVA%20I%20PRIMENENIE

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕЦИРОВАНИЕМ

М.Б. Балакирева, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается инъекционное химическое закрепление, когда реагенты в виде растворов или газов вводятся в грунты без нарушения их естественного сложения нагнетанием под давлением. К направлению относятся способы силикатизации, смолизации, цементации.

Ключевые слова: силикатизация, смолизация, цементация.

SUCTIONING OF GROUNDS BY INJECTION

M.B. Balakireva, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines chemical fixing by injection when reagents in the form of solutions or gases are introduced into soils without disturbing their natural addition by injection under pressure. The direction includes methods for silication, tarring, and cementation.

Keywords: silication, tarring, cementation.

Необходимость усиления и переустройства фундаментов, а также упрочнения грунтов оснований возникает обычно при реконструкции и восстановлении зданий, включая их капитальный ремонт и надстройку дополнительных этажей. С решением данных вопросов приходится сталкиваться и при проявлениях неравномерных осадок фундаментов, выравнивании кренов зданий (сооружений), прокладке подземных коммуникаций, дефектах и повреждениях строительных конструкций, устройстве фундаментов в стесненных условиях, а также некоторых других случаях, когда нарушается нормальная эксплуатация зданий. Основные причины,

вызывающие необходимость усиления фундаментов и упрочнения грунтов оснований можно объединить в следующие группы:

- реконструкция зданий (включая капитальный ремонт и надстройку этажей);
- разрушение материала фундаментов и снижение его гидроизолирующих качеств;
- нарушение условий устойчивости оснований в процессе эксплуатации здания;
- развитие значительных деформаций здания [1].

В качестве усиления оснований применяется закрепление.

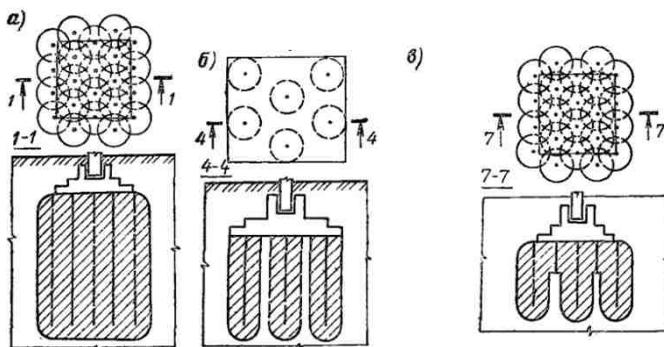


Рис. 1. Конструктивные схемы инъекционного закрепления грунтов:

- а – сплошное закрепление; б – армированное закрепление;
- в – комбинированное закрепление

Закрепление грунтов в самом общем виде представляет собой целенаправленное искусственное преобразование строительных свойств грунтов посредством их химической или физико-химической, механической или термической обработки, с применением соответствующих технологий [2].

В зависимости от способа обработки грунтов, в результате которого улучшаются их свойства, закрепление грунтов подразделяется на следующие виды: химическое, электрохимическое, термическое, термоконсолидация. Электрохимическое, термическое, термоконсолидация сложны, и их реализация зависит от конкретного типа грунта. Химическое закрепление более универсально.

Химическое закрепление в зависимости от способа введения в грунты химреагентов имеет два направления:

- инъекционное химическое закрепление, когда реагенты в виде растворов или газов вводятся в грунты без нарушения их естественного сложения нагнетанием под давлением;

- буросмесительное закрепление грунтов, осуществляемое с нарушением их естественного сложения, механическим перемешиванием с цемен­тами или другими химическими реагентами и добавками при бурении скважин большего диаметра.

К первому направлению относятся способы силикатизации, смоли­зации, цементации; второе представлено способом буросмесительного закрепления илов и других сопутствующих им грунтов [2].

Благодаря возможности значительно и необратимо улучшать строительные свойства грунтов в естественном залегании, закрепление может широко применять в строительстве для:

- усиления оснований существующих зданий и сооружений;
- создания противофильтрационных завес в качестве мероприятий по гидроизоляции неглубоких подземных сооружений и конструкций.

Закрепление грунтов может также широко применяться в качестве следующих временно действующих мероприятий для:

- укрепления откосов при вскрытии строительных котлованов;
- для устранения подвижек слабых, неустойчивых грунтов (в том числе пльвунов).

Химическое закрепление грунтов инъекцией в строительстве в настоящее время осуществляется способами силикатизации, смоли­зации и цементации согласно закрепляющим реагентам, на основе которых разработаны способы [2].

Как один из видов производства работ в строительстве инъекцион­ное химзакрепление представляет собой искусственное, целенаправлен­ное преобразование строительных свойств грунтов обработкой их в есте­ственном залегании различными реагентами. Для силикатизации и смо­лизации эта обработка основана на реакциях взаимодействия химреаген­тов между собой или с химически активной частью грунтов; для цементации – на химическом процессе твердения цементных растворов в круп­ных пустотах, трещинах и порах грунтов. При этом практически во всех случаях обеспечивается необратимость и, следовательно, долговечность приобретенных грунтами свойств.

Нагнетание в грунты химреагентов и их подбор по рецептурам со­ставляют соответственно физико-технологическую и химико-технологи­ческую сущность способов закрепления [2].

Силикатизация и смолизация грунтов, как один из видов произ­водства работ в строительстве, представляет собой химическую обработ­ку грунтов различными реагентами нагнетанием их в закрепляемые грун­товые массивы под давлением. В результате достигается целенаправлен­ное, необратимое и долговечное улучшение строительных свойств грун­тов [2].

Цементация грунтов, как способ производства строительных работ представляет собой заполнение пустот и трещин в грунтах цементным или цементно-глинистым раствором, превращающимся со временем в твердый цементный или цементно-глинистый камень. Инъекционные растворы вводятся в пустоты грунта через пробуренные скважины [2].

Стоимость закрепления грунтов инъекционными химическими способами устанавливается в соответствии с табл. 1.

**Таблица 1. Стоимость инъекционных химических способов
ООО СК «Инъектирь» [3]**

Способ	Материалы	Стоимость инъекциро- вания, руб./м ³
Силикатизация	Раствор жидкого стекла (раствор силиката натрия 15% концентрации)	3300
Смолизация	Композиция на основе метилметакрилата (ММА)	3000
Цементация	Растворы (с добавлением к цементу глины, песка, суглинка) консистенции от 1: 1 до 1: 10	3900

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полищук А.И.* Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А.И. Полищук // Томск: Изд-во Нортхэмптон-Томск, 2004. 476 с.
2. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83) / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1986. 568 с.

ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗДАНИЙ І СООРУЖЕНІЙ

А.А. Цветков, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются возможность использования ВІМ-технологий, в частности создание аналитической модели существующего здания, для более эффективного осуществления мероприятий по диагностике и своевременному ремонту конструкций эксплуатируемого объекта.

Ключевые слова: ВІМ-технологии, аналитическая модель здания, эксплуатация здания, капитальный ремонт сооружения, реконструкция, ВІМ-проектирование.

BIM-TECHNOLOGY IN THE OPERATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

A.A. Tsvetkov, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We analyzed the possibility of using BIM-technology, in particular the creation of an analytical model of an existing building, for a more efficient implementation of measures for the diagnosis and timely repair of structures of the object in operation.

Keywords: BIM-technology, analytical model of a building, building operation, major repairs of a structure, reconstruction, BIM-design.

В современной строительной и архитектурной практике существует потребность в использовании ВІМ-технологий. ВІМ (Building Information Model) Информационное моделирование здания – это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку всей информации о здании со всеми её взаимосвязями.

ВІМ-технологии можно разделить на два ключевых компонента:

1. BIM-процесс (BIM-моделирование) – это процесс создания информационной модели объекта капитального строительства и дальнейшего управления ею на всём протяжении эксплуатации здания.

2. BIM-модель (информационная модель) – представляет собой структурную базу данных объекта капитального строительства, где все элементы имеют набор атрибутов и параметров, включающие в себя технические, технологические, экономические и другие необходимые характеристики, с необходимым уровне проработки и детализации для соответствующего этапам жизненного цикла объекта капитального строительства.

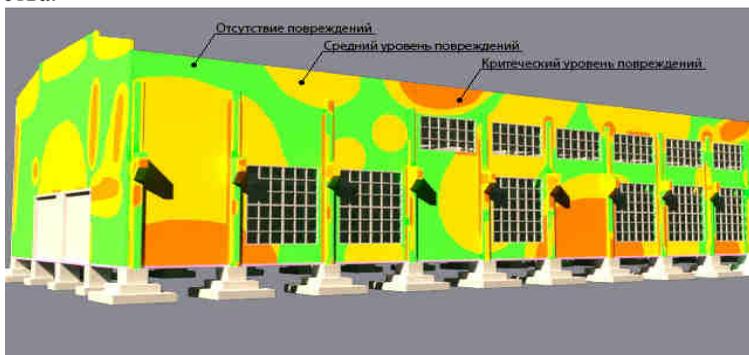


Рис. 1. BIM-модель производственного здания

Неотъемлемой частью информационной модели является трёхмерная модель объекта, отражающая с определённым уровнем детализации архитектурно-конструктивную часть объекта, инженерные системы в его составе, а также элементы инфраструктуры (рис. 1). Также информационную модель наполняют разного рода информацией. Это могут быть как различные разрезы, планы этажей (в том числе на разном уровне), планы отдельных помещений, планы сетей, чертежи узлов, генеральный план, ракурсные изображения, чертежи фасадов и другая графическая информация, создающаяся на этапе проектирования объекта.

Информационная модель может дополняться текстовой информацией, в том числе пояснениями к определённым узлам, элементам конструкций и различным архитектурным и инженерным решениям. То есть BIM-проектирование, как подход и технология, гораздо шире традиционного подхода к проектированию, т.к. совмещает в себе информацию как обязательно входящую в состав проекта, так и дополнительную, позволяющую уточнять и разъяснять возникающие вопросы у непосредственного исполнителя проекта. BIM-модель позволяет не только хранить всю информацию в одном файле, и выборочно получать нужную на данном

этапе строительства или эксплуатации здания, но и эффективно участвовать в работе смежным организациям при проектировании и реконструкции здания. Разработанная в процессе BIM проектирования 3д модель сохраняет информацию об изменениях, внесенных в проект, что ускоряет принятие решений и значительно снижает возможность ошибок и некорректных технических решений.

BIM-моделирование имеет свои неоспоримые плюсы не только в процессе проектирования, но и в дальнейшем цикле «жизни» сооружения, от ввода в эксплуатацию до сноса здания.

В процессе эксплуатации здания информационная модель служит источником актуальной информации о состоянии конструкций, узлов и т.п. Но для того чтобы информационная модель была актуальной её нужно наполнять свежими данными. Это могут быть обследования элементов здания, информация о проведённых ремонтных работах, крупного или локального масштаба.

Информация, получаемая в процессе обследования (в виде протоколов, заключений, фото фиксации, кроков, схем размещения дефектов и другой графической и текстовой информации) вносится в информационную модель и отображается в 3д модели здания для большей наглядности.

BIM-технология позволяет в процессе строительства устанавливать различные датчики и средства фиксации, которые непрерывно ведут мониторинг состояния различных помещений, конструкций и других важных частей сооружения. Вся эта информация подгружается в информационную модель автоматически, а также сигнализирует оператору, о неполадках и поломках буквально сразу, что позволяет быстро и оперативно решить проблему с минимальным ущербом, что несомненно хорошо для здания и для финансового состояния, так как починка мелкой поломки всегда дешевле, чем исправление последствий от долгосрочного её воздействия на окружающие конструкции и не только. Такие системы, конечно дороже, чем визуальный осмотр инженера по эксплуатации здания, но инженер не вездесущ и за всем подчас он уследить не может. Поэтому использование таких систем в зданиях с повышенной ответственностью (АЭС, стадионы, вокзалы, терминалы аэропортов и другие здания этих категорий), где авария может привести не только к тяжёлым экономическим последствиям, но и привести к человеческим жертвам.

Также система BIM, при взаимодействии с облачными сервисами и разворачивании Wi-Fi сети на территории строящегося или существующего здания, позволяет использовать технологии дополненной реальности. Используя любое мобильное устройство, будь то смартфон, планшет и т.п. инженер или строитель, может проецировать 3д модель здания или конструкции на её место на реальной площадке. При строи-

тельстве это помогает избежать различных ошибок, таких как: невозможность установить какой-либо элемент, потому что мешает другой, невозможность провести какую-либо работу и т.д. При эксплуатации же системы дополненной реальности, позволят более точно отмечать дефекты, их площадь, сразу же отмечать их на чертежах и 3д модели, попутно делая фотофиксацию и наносить координаты геолокации, а также размещать описания дефектов.

Но наряду с неоспоримыми плюсами BIM-подхода к проектированию и особенно к эксплуатации здания есть ряд существенных минусов:

1. Слабое законодательное закрепление BIM-технологий как подхода к проектированию заданий и сооружений.

2. Требуется высокая квалификация и уровень знаний программного обеспечения для проектировщиков, инженеров по эксплуатации и других людей, получающих информацию из информационного поля модели.

3. Высокое и дорогостоящее техническое оснащение здания (мощные компьютеры, датчики, Wi-Fi роутеры для создания сети покрытия на площадке и в здании, мобильные устройства и т.д.)

4. Человеческий фактор, т.к. большая часть информации вносится человеком вручную, и вероятность ошибки присутствует, но она гораздо меньше, чем при традиционном методе проектирования.

В случае отсутствия у здания BIM-модели, её можно создать. Сперва нужно построить 3д модель по существующим бумажным или электронным чертежам, после этого произвести обмер здания и внести коррективы в отстроенный проект, что позволит учесть все отклонения от изначального проекта. Затем составить карты дефектов на фасадах и конструкциях здания, чтобы их устранить, а после их устранения ввести эту информацию в модель. Например, при фиксации трещины с небольшим раскрытием на фасаде здания, на карте дефектов указывается, что установлен маячок и указан срок следующей проверки раскрытия этой трещины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационное моделирование строительного объекта (BIM) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.croc.ru/solution/business-solutions/bim/>, свободный.

2. Академия BIM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bimacad.ru/>, свободный.

ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С НЕСУЩИМИ И ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

М.В. Грибков, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено усиление каменных конструкций с применением композитных материалов на примере усиления каменного свода углеволокнами холстами.

Ключевые слова: керамический кирпич, углеволокно, усиление.

THE SPECIFICS OF RECONSTRUCTION OF BUILDINGS WITH LOAD-BEARING AND ENCLOSURE STRUCTURES FROM CERAMIC BRICK

M.V. Gribkov, V.B. Dobrokhoto

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhoto**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines using composite materials for reinforcement of masonry structures with fibrous plaster.

Keywords: ceramic brick, carbon fiber, reinforcement.

Среди конструктивных элементов каменных зданий, подлежащих реконструкции довольно широкое распространение имеет перекрытие, представленное в виде арочного свода.

Расчетная схема арочного свода представляет собой двухшарнирную арку – статически неопределимую распорную систему, имеющую вид кривого бруса, опирающегося по концам шарнирно.

Распространенным фактором повреждения распорных конструк-

ций перекрытий является горизонтальная подвижка опоры. При этом расчетная схема приобретает вид криволинейной балки, меняется форма эпюры изгибающих моментов. В элементах арки появляются трещины, что ведет к расчленению арки на отдельные элементы, что приводит к появлению новых шарниров в конструкции арки.

Для ремонта и усиления каменных конструкций все большее применение получают новые технологии и материалы. К последним, в частности, относятся композиты в виде ламелей, матов и сеток, изготавливаемые из углеродных волокон. Соединение таких материалов с усиливаемой конструкцией обычно осуществляется с помощью составов на основе эпоксидной смолы. Технология усиления заключается в следующем. На очищенную от штукатурки и загрязнений поверхность каменной кладки после ее выравнивания наносится слой клеящего состава, на который закрепляется армирующая ткань из композиционных материалов. Затем наносится защитный штукатурный слой, поверхность которого подвергается финишной обработке.

Поскольку материалы, используемые в рассматриваемых методах усиления, имеют достаточно высокую стоимость, эффективность их применения должна быть обоснована соответствующим расчетом. В SCAD++ рассчитываемый свод задан в виде цилиндрической оболочки, повторяющей его очертания. Усиление было смоделировано оболочкой, повторяющей очертания свода и связанной с ним конечными элементами типа 55 – упругими связями, имитирующими клеевое соединение углеволоконной ткани и внутренней поверхности свода. Жесткость оболочки задана исходя из физико-механических характеристик углеволокна. Жесткость упругих связей задана исходя из характеристик клеювого соединения.

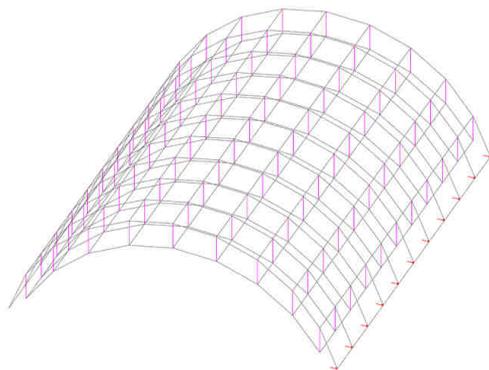


Рис. 1. Моделирование усиления в ПК SCAD++

По результатам расчета можно сделать вывод, что усиливаемый свод начинает работать на сжатие, в то время, как растягивающие напряжения перешли в углеволоконную ткань. Таким образом, можно сделать вывод, что усиление является эффективным при обеспечении должным образом его включения в работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* М.: Минрегион России, 2012.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 / М.: Минрегион России, 2012.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Минрегион России, 2017.
6. *Хорьков Е.В.* Восстановление работоспособности каменных арок и сводов / Е.В. Хорьков, В.В. Павлов. СПбГАСУ, 2017.
7. *Белов В.В.* Экспертиза и технология усиления каменных конструкций / В.В. Белов, В.Н. Деркач. СПбГПУ, 2010.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ СВАЙ ПРИ ЗАБИВКЕ ОТ ИХ ПРОЕКТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО СВАЙНОГО КУСТА

А.Ю. Косяков, В.П. Фатиев, А.Е. Лыгин

Научный руководитель – **В.П. Фатиев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние отклонения свай при забивке от их проектного положения на несущую способность центрально нагруженного свайного куста и отдельных свай.

***Ключевые слова:** свая, свайный фундамент, отклонение свай от проектного положения, несущая способность.*

THE INFLUENCE DEVIATION OF PILES AT PILE DRIVING FROM PROJECT POSITION TO BEARING ABILITY CENTRAL LOADED PILE GROUP.

A.Yu. Kosyakov, V.P. Fatiev, A.E. Lygin

Scientific Supervisor – **V.P. Fatiev**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the influence of deviation of piles when driving from their design position on the bearing capacity of the central loaded pile group and individual piles.

***Keywords:** pile, pile foundation, deviation of piles from the design position, bearing capacity.*

При забивке свай в плане наблюдаются их отклонения в плане от проектного положения. Данные отклонения регламентируются [3].

Отклонение свай от проектного положения приводит к тому, что свайный куст из центрально нагруженного превращается во внецентренно нагруженный, и как следствие, приводит к неравномерному распределению нагрузки между сваями в свайном кусте, вследствие чего

изменяются усилия в сваях, а также надфундаментных конструкциях – колоннах.

Из проведенного поиска и обзора технической литературы и статей не удалось найти исследований по данной теме.

В данной статье была предпринята попытка показать влияние отклонения свай при забивке от их проектного положения на несущую способность центрально нагруженного свайного куста. Для получения результатов были выполнены расчеты свайного фундамента в программно-вычислительном комплексе SCAD++.

Для выполнения расчетов были созданы расчетные схемы свайных фундаментов, где в одной схеме сваи располагаются в соответствии с проектным положением, а во второй – одна из свай имеет допустимое отклонение от проектного положения в плане в соответствии с [2].

Исходные данные: габариты железобетонного ростверка в плане: 1,8x1,8 м; высота ростверка 0,6 м; длина свай 6 м; сечение свай 300x300 мм; заведение оголовка свай в тело ростверка 0,3 м; сопряжение сваи с телом ростверка жесткое. Нагрузка 1000 т/м²; площадь приложения нагрузки 0,4x0,4 м².

Для имитации грунтовых условий были введены связи конечной жесткости по длине свай, а также на их концах. При заделке свай в ростверк применялись трехмерные твердые тела.

Координаты расположения центров свай в плане для первой расчетной схемы (x;y) (координаты 0;0 соответствуют левому нижнему углу ростверка): свая № 1 (0,3;0,3) м, свая № 2 (0,3;1,5) м, свая № 3 (1,5;0,3) м, свая № 4 (1,5;1,5) м.

Так как предельные отклонения фактического положения свай в плане от проектного при однорядном расположении свай поперек оси свайного ряда составляют для кустов и лент с расположением в два и три ряда: $\pm 0,3d$ (где d – диаметр сваи) – для крайних свай поперек оси свайного ряда; $\pm 0,3d$ – для остальных свай и крайних свай вдоль оси свайного ряда в соответствии с [2, п. 15.5.7], то допустимое отклонение сваи составляет $0,3 \times 0,3 = 0,09$ м.

Координаты расположения центров свай в плане для второй расчетной схемы (x;y) (координаты 0;0 соответствуют левому нижнему углу ростверка): свая № 1 (0,3;0,3) м, свая № 2 (0,3;1,5) м, свая № 3 (1,5;0,3) м, свая № 4 (1,59;1,59) м.

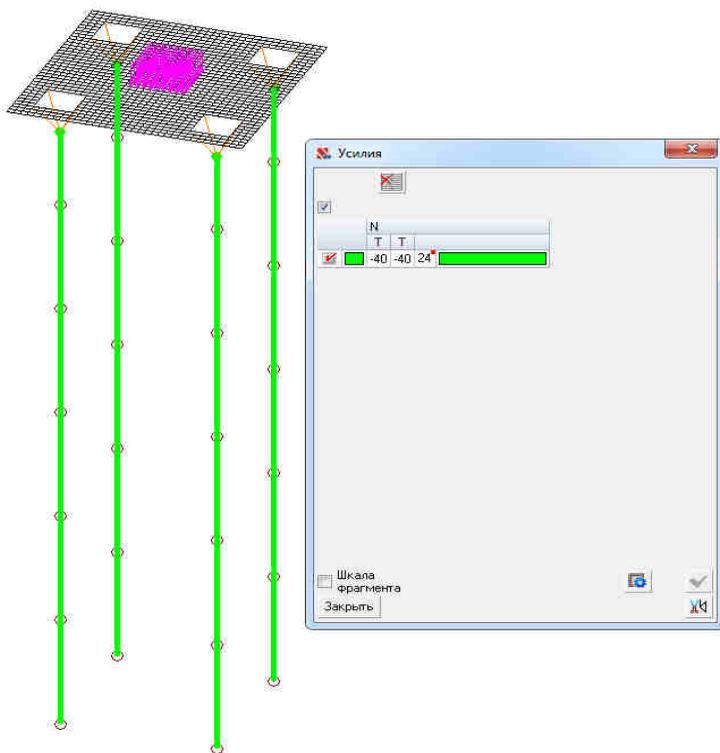


Рис. 1. Первая расчетная схема свайного фундамента

В первой расчетной схеме усилия между сваями от приложенной нагрузки распределились равномерно и составили 40 т.

Изгибающие моменты, возникающие в сваях, равны и составляют 0,32 т·м.

Во второй расчетной схеме усилия между сваями от нагрузки распределены неравномерно, наиболее нагруженной стала свая № 1 (40,59 т), наименее нагруженной свая № 4 (39,35 т). Разность усилий в свае № 1 и свае № 4 составляет: $40,59 - 39,35 = 1,16$ т.

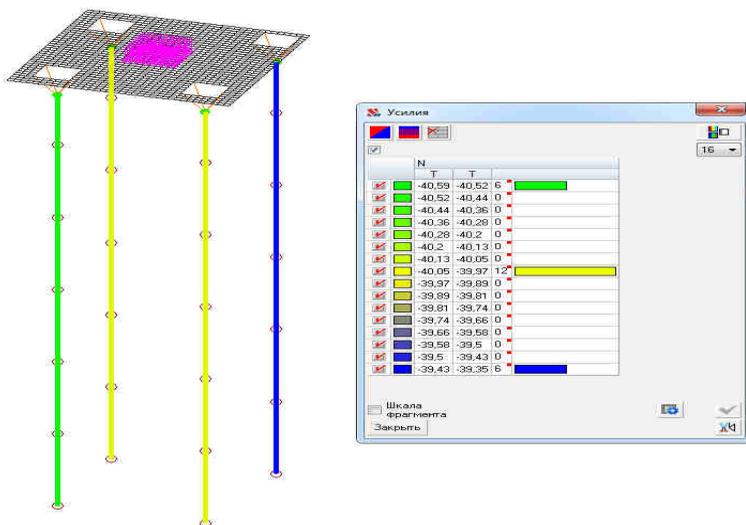


Рис. 2. Вторая расчетная схема свайного фундамента

Изгибающие моменты, возникающие в сваях, различны: свая № 1 – 0,59 т·м; свая № 2 – 1,1 т·м; свая № 3 – 0,6; свая № 4 – 1,18 т·м. Разность в изгибающих моментах в свае № 4 и свае № 1 составляет $1,18 - 0,59 = 0,59$ т·м.

Данные расчеты показали необходимость разработки алгоритма по расчету несущей способности свайного куста, который будет учитывать отклонения свай при забивке от проектного положения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Стройиздат, 1987. 60 с.
2. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменением N 1).
3. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов / Госстрой России (21.06.2003).
4. Проектирование свайных фундаментов: учеб. пособие для студ., обуч. по спец. 270102 "Пром. и гражд. стр-во" напр. 270100 "Стр-во" / С.А. Тумаков [и др.]. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010. 179 с.

УДК 691.327

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализирована зависимость надежности кровельной системы от воздействий, которым она подвергается. Рассмотрены данные о жизненном цикле различных типов кровельных систем, обобщены факторы, влияющие на жизненный цикл

***Ключевые слова:** кровельная система, жизненный цикл, надежность, долговечность*

ANALYZIS OF EXISTING PROBLEMS IN RELIABILITY OF ROOFING SYSTEMS WITH TILES

V.A. Demchuk, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The dependence of roofing system reliability from influences it is exposed to is analyzed. This presentation review available life expectancy data for different types of roof systems, and summarize key factors that have a large influence on life expectancy.

***Keywords:** roof system, life cycle, reliability, durability*

В современном мире в строительной сфере большое внимание уделяется совокупности проблем, связанных с обеспечением надежности кровельных систем зданий и сооружений, их энергоэффективности и экологической безопасности. В связи с этим актуальным является вопрос подбора рационального варианта кровельных систем, которые учитывают комплекс воздействий на них, последствия, возникающие от воздействий, и отвечают современным требованиям энергетической эффективности, надежности и экологической безопасности с учетом сроков и стоимости выполнения кровельных работ.

Важно понимать, что ремонт кровельной системы не всегда эффективен, поскольку порой затраты на ремонт значительно превышают затраты на устройство кровельной системы «с нуля» [1], в связи с чем следует стремиться к обеспечению высокого срока службы кровельной системы на этапе строительства. Кроме того, проведение ремонтных работ позволяет продлить жизненный цикл кровельной системы не более чем на 30%, как следует из [2] (рис. 1). Также необходимо принимать во внимание сооружения, требующие высокой степени ответственности, где выполнение ремонтных работ является крайне нежелательным, например больницы (в частности операционные отделения) или атомные объекты.



Рис. 1. Общий период эксплуатации кровельной системы

Нередко происходит так, что фактический период эксплуатации объекта не соответствует периоду, предусмотренному проектом. Изучая вопрос надежности кровельных систем, необходимо отметить воздействия, которым подвергается кровельная система:

- 1) воздействия, возникающие на этапе строительства, монтажа;
- 2) воздействия, связанные с природно-климатическими факторами;
- 3) воздействия, связанные с условиями эксплуатации кровельной системы (нагрузки от людей, технологического оборудования).

Данные воздействия могут быть как однократными, так и многократными, могут накладываться друг на друга, вследствие чего могут возникать деформации в каждом слое кровельной системы и меняться физико-механические свойства материалов. Снизу на кровельную систему воздействует температура и влажность воздуха помещения, поэтому вследствие нарушения сплошности даже одного слоя системы произойдет проникание влаги в конструкцию, что отразится на теплопроводящих, деформационных и прочностных ее свойствах. Кровельная система, являясь сложной конструкцией, содержит в своих порах и капиллярах жидкость, которая, переходя в твердое состояние в зимний период времени, способна повредить и разрушить гидроизоляционный и теплоизоляционный слои. Кроме того, неблагоприятными являются знакопеременные воздействия, связанные с образованием

наледи, что также приводит к нарушению верхнего слоя гидроизоляции плоской кровли. К непредвиденным факторам можно отнести выпадение осадков во время производства работ с теплоизоляцией, что влечет ее намачивание. Уложенные снизу пароизоляция, а сверху гидроизоляция не дают накопленной влаге испариться, что вызывает процесс сорбции в этом слое.

Несомненно, отмеченные выше воздействия подвергаются тщательному изучению на этапе проектирования конструкции и отражаются в проекте, однако вероятность учесть все факторы, в число которых входят непредвиденные ситуации, крайне мала. Таким образом, в качестве одного из факторов, оказывающих влияние на надежность кровельной системы можно отметить неучтенные или изменившиеся условия эксплуатации.

Следующий фактор, влияющий на надежность кровельных систем, был отмечен на собрании комитета RILEM (Международный союз экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций) – этот фактор связан с заменой конструкций на альтернативные в самый последний момент, на этапе строительства, часто с экономической точки зрения. Незнание фактических характеристик альтернативного материала и их отличие от характеристик материала, заложенного в проекте влечет за собой изменение характера работы конструкции в целом, что впоследствии оказывает влияние на ее надежность.

Ниже представлены факторы, формирующие надежность кровельной системы [3]:

- безотказность: выполнение необходимых функций в определенных условиях на протяжении определенного промежутка времени;
- долговечность: выполнение необходимых функций до перехода в предельное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта;
- ремонтпригодность: приспособленность к поддержанию и восстановлению состояния, в котором она способна выполнять необходимые функции с помощью технического обслуживания и ремонта.

В 1997 году исследовательская группа Cash [2] представила результаты исследования долговечности, первоначального обслуживания и стоимости жизненного цикла малоуклонных кровельных систем.

Таблица 1. Затраты на обеспечение жизненного цикла малоуклонных кровельных систем

Тип покрытия	Стоимость монтажа, \$/ft ²	Стоимость утилизации, \$/ft ²	Средняя долговечность, лет	Стоимость технического обслуживания \$(/ft ² *год)	Стоимость жизненного цикла \$(/ft ² *год)
Гибкая черепица	2,28	0,81	16,7	0,12	0,31
Металлочерепица	4,94	1,27	25,0	0,11	0,36
Керамическая черепица	2,27	0,86	35	0,12	0,33
Асбестоцементные листы	2,57	1,27	18,1	0,15	0,47

Для обеспечения надежности стропильной конструкции выполняется расчет ее геометрического сечения. В исследовании [4] была установлена зависимость между требуемой высотой сечения фермы деревянной кровли и прикладываемой нагрузкой (рисунок 2). В результате испытаний отмечено увеличение высоты сечения от 105 до 157 мм при увеличении нагрузки от 1 до 7 кН/м. В исследовании также отмечается прямая зависимость между подверженностью тепловому воздействию и жизненным циклом кровельных материалов.

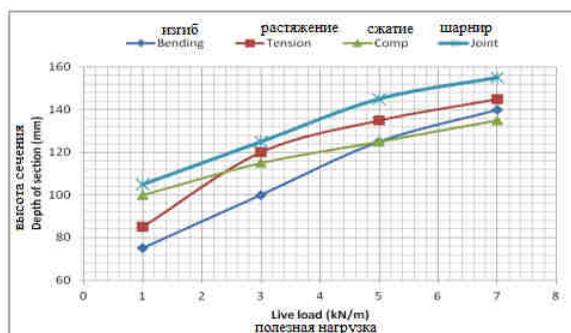


Рис. 2. Изменение высоты сечения фермы с увеличением нагрузки

На данный момент жизненный цикл кровельных систем, согласно имеющимся данным, составляет 10-25 лет. Исследования [2, 4] отмечают среди наиболее существенных факторов – термическое старение, наклон крыши, методы обслуживания, однако их подтверждение требует проведения большего числа исследований.

Таким образом, существует необходимость комплексного учета всех факторов, рассматривая кровельную систему в целом, с учетом влияния каждого слоя друг на друга и воздействий на «пирог» и их применение при проектировании новых конструкций крыш. Актуальным вопросом остается определение того, насколько каждый из слоев влияет на надежность системы, учитывая различные варианты расположения слоев в кровельной системе. Все это приведет к значительному улучшению качества возводимых кровельных систем и обеспечению их надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Якобюк Н.* Кровельные системы. Заочный круглый стол / Н. Якобюк // СтройПРОФИль. 2009. Вып. 4 (74). С. 30-40.
2. *Hodges C.P.* Effective roof management – understanding the life cycle of your roof systems. Durability of Building Materials and Components 8. (1999) Edited by M.A. Lacasse and D.J. Vanier. Institute for Research in Construction, Ottawa ON, K1A 0R6, Canada. Pp. 1213-1222.
3. *Гусаков А.А.* Организационно-технологическая надежность строительного производства / А.А. Гусаков. М.: Стройиздат, 1974. 256 с.
4. *Magaji S.* Reliability Analysis of Timber Roof Truss Systems using Genetic Algorithm // Global Journal of Researches in Engineering: Civil And Structural Engineering. 2016. Vol. 16. Issue 3. Version 1.0.

УДК 691.327

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ФИБРОБЕТОНА

В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено понятие морозостойкости строительных материалов. Проанализирована зависимость объемных деформаций материала от числа циклов замораживания-оттаивания.

***Ключевые слова:** фибробетон, морозостойкость, повреждения, замораживание-отаивание, долговечность.*

FREEZE-THAW RESISTANCE RESEARCH OF POLYPROPYLENE FIBER REINFORCED CONCRETE

V.A. Demchuk, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The meaning of frost resistance of building materials was considered. The dependence of the volume strain of the material on the number of freeze-thaw cycles was analyzed.

***Keywords:** fiber reinforced concrete, frost resistance, concrete degradation, freeze-thaw, durability.*

В последнее время фибробетон приобретает все большую популярность, расширяются области его применения в строительстве. Мелкозернистый бетон, армированный волокнами полипропиленовой фибры обладает высокой прочностной характеристикой на изгиб – 12МПа [1]. В связи с этим, одной из областей применения мелкозернистого фибробетона может являться рынок штучных кровельных изделий, работающих преимущественно на изгиб. Проанализировав представленные на рынке штучные кровельные изделия, выявлены их недостатки, среди которых числятся значительная

масса, несовершенство и сложность технологии, а также невысокая морозостойкость [2].

При этом некоторыми литературными источниками отмечается повышение морозостойкости и, соответственно, долговечности бетона при введении волокон фибры. Наглядным подтверждением тому служит первое в мире здание, стеновые панели которого выполнены из фибробетона с полипропиленовым волокном. Данное здание построено в США, штат Западная Вирджиния в 1962 г. для корпуса инженерных структур и эксплуатируется до сих пор [3].

При этом фибробетон по-прежнему остается недостаточно изученным материалом, в открытом доступе отсутствуют данные исследования его морозостойкости и иных характеристик, вследствие чего остается актуальным вопрос более подробного изучения данного материала, и главным образом оценки его морозостойкости опытным путем.

В рамках данной работы проводится определение морозостойкости материала, состав и условия, формирования которого установлены ранее [1].

Морозостойкость – понятие многофакторное и зависит во многом от структуры материала: от числа пор, их распределения по объему и т.п. Несмотря на отсутствие четкой, однозначной взаимосвязи между прочностью и морозостойкостью, можно сказать, что чем выше прочностные свойства материала, в том числе на растяжение, тем больше его морозостойкость. Бетон удерживает расширение воды лишь до определенного момента, а при достижении предела прочности образца на растяжение и начале трещинообразования – скачком при замерзании воды начинает расти объем.

Для оценки морозостойкости мелкозернистого бетона изготавливались серии образцов 4 составов: 1) базовый с Ц:П отношением 1:2 (без фиброволокна и без пластификатора), 2) без пластификатора, с полипропиленовым фиброволокном; 3) с пластификатором марки Reobild 181A и без фиброволокна; 4) с фиброволокном и с пластификатором. Для удобства контроля внутренних деформаций образцы изготовлены размерами 100x100x(25-30) мм. Образцы сформированы из смеси с постоянным водоцементным отношением методом прессования при давлениях до 18 МПа.

Стойкость к замораживанию-оттаиванию мелкозернистого фибробетона исследовалась на водонасыщенных образцах при циклическом замораживании при температуре воздуха минус 20 °С с их последующим оттаиванием в среде насыщения (вода) при температуре плюс 20 °С.

Для контроля внутренних деформаций во время циклов замораживания-оттаивания использовался дилатометр, в измерительную

камеру которого помещался образец, камера заполнялась керосином и герметизировалась. Дилатометр устанавливался в морозильную камеру и подвергался замораживанию со скоростью $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до достижения температуры $(-18 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$. По итогу измерений на графиках фиксировались аномальные скачки - скачкообразные изменения разности объемных деформаций, обусловленных переходом воды в лед. После завершения всех процессов заморозания прекращается и дальнейшее расширение. Лед при дальнейшем охлаждении вместе с бетоном начинает сжиматься.

У материалов с малым значением морозостойкости диапазон деформаций широкий и оценка морозостойкости по одному измерению (скачку) вполне достоверна. Однако с увеличением морозостойкости диапазон деформаций сужается, и оценка морозостойкости может оказаться достаточно неточной. По причине большой погрешности при проведении одноцикловых измерений, в рамках данной работы проводились многоцикловые измерения: для каждого образца определения аномальных деформаций при замораживании в камере дилатометра проводились с периодичностью 20-40 циклов.

Полученные результаты испытаний были обработаны и представлены на рис. 1.

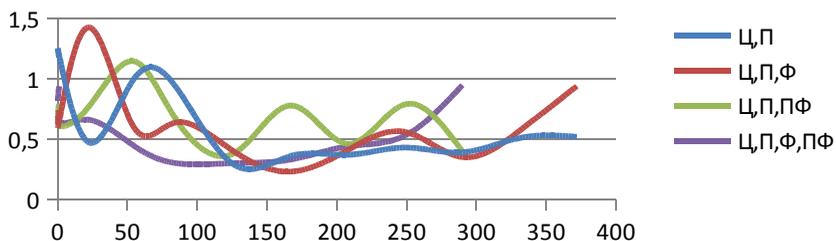


Рис. 1. Зависимость изменения относительных объемных деформаций от числа циклов замораживания-оттаивания

Проведение нескольких измерений на каждом конкретном образце показало отсутствие линейной закономерности в изменении диапазона деформаций. Учитывая снижение остаточной морозостойкости, логичным было бы сделать предположение относительно увеличения величины диапазона деформаций с увеличением числа циклов замораживания-оттаивания, однако из полученных опытным путем результатов этого не следует. По результатам измерений деформаций в течение первых 150 циклов не только не наблюдается увеличение относительных объемных деформаций, но даже напротив: наблюдается их уменьшение, т.е. рост прочности бетона превалирует над повреждением его структуры. Это свидетельствует об отсутствии

ожидаемой линейной взаимосвязи между числом циклов замораживания-оттаивания и повреждением структуры материала и подтверждает целесообразность многократного проведения измерений для достоверной оценки морозостойкости.

Приближаясь к отметке 300 циклов, значения относительного изменения объема образцов начинают колебаться на одном уровне, заметно происходит сглаживание кривой, что свидетельствует о приближающемся критическом моменте, когда произойдет исчерпание прочности материала. При этом кривая, характеризующая изменение относительного объема материала состава № 2 (с пластификатором, без фибры), имеет самый неоднородный характер.

Оценка внешнего состояния образцов показала следующее:

- На образцах 1-го состава (без фибры, без пластификатора) по мере приближения циклов замораживания-оттаивания к отметке 250 наблюдалось шелушение поверхности образцов.

- На образцах 3-го состава (с пластификатором, без фибры) по мере приближения циклов замораживания-оттаивания к отметке 250 стали проявляться поверхностные трещины, что свидетельствует о начале внутреннего повреждения структуры.

- На образцах 2-го и 4-го составов внешних изменений на данный момент не обнаружено.

Таким образом, уже сейчас можно сделать вывод о благоприятных результатах испытаний: фиброцементные образцы выдержали по меньшей мере 250 циклов замораживания-оттаивания без повреждения структуры и видимых внешних повреждений. Ожидаемый результат достигнут, мелкозернистый фибробетон можно считать перспективным, в частности в качестве материала кровельных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демчук В.А. Разработка технологии получения мелкозернистого фибробетона для листовых изделий. Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 19 апреля 2017 г., Ярославль: сб. матер. конф. В 3 ч. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 603-611.
2. Демчук В.А. Сравнительная оценка кровельных изделий из различных материалов», Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. С. 975-979.
3. Synthetic Fiber Reinforcement for Concrete. AD-A262 597 // USACERL Technical Report FM-93/02, November 2007. Army Corps Engineers.

УДК 691.221

МАЛОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕ- ТОННЫХ БЛОКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ МАСС

В.А. Голубева, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является изучение физико-механических свойств пенополистиролбетонной смеси. В частности, рассматриваются конструктивные схемы зданий с применением монолитного пояса и без.

***Ключевые слова:** физико-механические свойства, пенополистиролбетон, технология.*

LOW-RISE BUILDINGS MADE OF EXPANDABLE POLYSTYRENE CONCRETE BLOCKS OBTAINED WITH THE SELF-SEALING MASSES METHOD

V.A. Golubeva, V.B. DobrokhotoV

Scientific Supervisor – **V.B. DobrokhotoV**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the research is to study the physical and mechanical properties of expandable polystyrene concrete mixture. In particular, the design schemes of buildings with the use of a monolithic belt and without are considered.

***Keywords:** physical and mechanical properties, expandable polystyrene concrete, technology.*

В настоящее время одной из важнейших проблем в области строительства является повышение уровня теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций.

Стоит отметить, что энергосбережение в строительстве требует совсем не малых затрат – от 5 до 10% от стоимости объекта строительства. Тем не менее внедрение энергосберегающих технологий на этапе застройки повысит уровень комфорта в помещениях, и кроме того, поможет в будущем экономить энергетические ресурсы и снизить затраты на их использование.

Одним из путей решения данной проблемы является применение особо легких бетонов, в том числе и на основе отходов других отраслей. При этом предпочтительнее использование бетонов на легких заполнителях, имеющих низкое водопоглощение и большой коэффициент конструктивного качества.

Таким материалом служит полистиролбетон. Сочетание в одном изделии полистирольных гранул, которые являются теплоизолирующим материалом и бетона позволяет получить оптимальную комбинацию требуемых характеристик – устойчивость к гниению, гидрофобность, огнезащита, теплоизоляция, морозоустойчивость, звукопоглощение.

На рынке строительных материалов блоки из пенополистиролбетона имеют низкую прочность – до В2,5. Размеры изготавливаемых блоков варьируются в широких пределах. Чаще всего полистиролбетонные блоки для наружных стен имеют габариты 588x200x188 мм. Габариты приняты из условий оптимального сочетания скорости построения конструкции и веса блока, который позволяет снижать расходы на дорогостоящую грузоподъемную технику. Технология самоуплотняющихся масс, применяемая для полистиролбетона, позволяет получить блоки повышенной прочности до В7,5 при плотности D800.

На рис. 1 и 2 представлены графики, отражающие зависимость прочностных свойств и плотности, опытных образцов от расхода гранул полистирола в составе смеси.

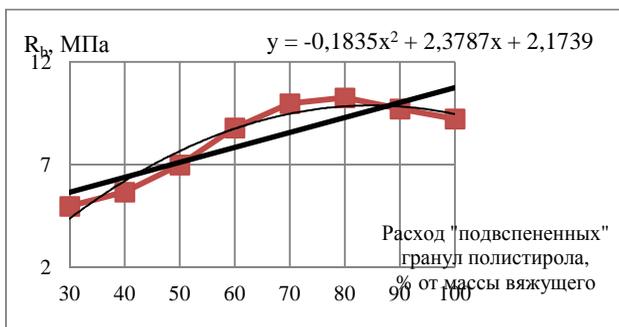


Рис. 1. Зависимость прочности от расхода заполнителя
(коэффициент корреляции $r=0,81$)

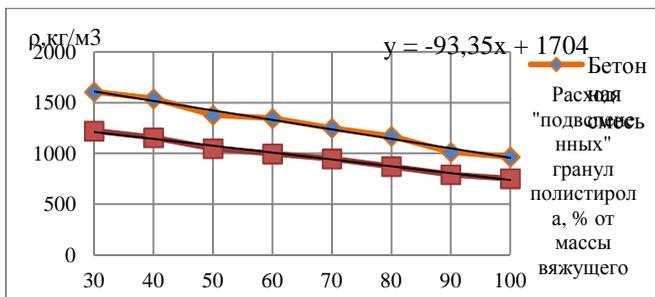


Рис. 2. Зависимости плотности получаемых образцов от расхода заполнителя (коэффициент корреляции $r=0,99$)

Блоки полистиролбетона укладываются на клеевой раствор, что обеспечивает плотное прилегание, создавая минимальную толщину швов между блоками. Таким образом достигается качественная тепловая изоляция. Кладку выполняют толщиной 400 мм (2 блока), применяя при этом перевязку швов.

В качестве облицовки используется паропроницаемая штукатурка, толщина слоя 20 мм, в качестве отделочного покрытия – пароизоляционная штукатурка, толщиной 20 мм (рис. 3).

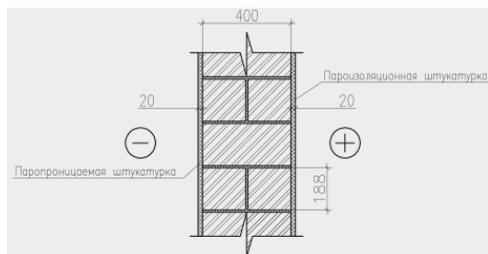


Рис. 3. Кладка из полистиролбетонных блоков

Исходные и полученные данные теплотехнического расчета для различных регионов в соответствии с СП50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" представлены в табл. 1. Расчет выполнен при коэффициенте теплотехнической однородности $r=0,87$ (Кладка из полистиролбетонных блоков с арматурой в растворных швах, оштукатуренная по металлической сетке с обеих сторон [2]).

Таблица 1. Расчетные температуры, градусо-сутки отопительного периода, требуемые и расчетные данные по сопротивлению теплопередаче и паропрооницанию

Населенный пункт	$t_{\text{ext}},$ °C	$t_{\text{int}},$ °C	Продолжительность отопительного периода, сут.	ГСОП, °C*сут.	Требуемое сопротивление теплопередаче $HC R_{0}^{np},$ м ² .°C/Вт	Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче $HC R_{0}^{np},$ м ² .°C/Вт	Сопротивление паропрооницанию $HC R_{п},$ м ² .ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропрооницанию $HC R_{п},$ м ² .ч·Па/мг
Архангельск	-33	20	250	6125	3,54	3,35	4,98	0,64
Вологда	-32	20	228	5472	3,32	3,35	4,98	0,42
Ярославль	-31	20	221	5304	3,26	3,35	4,98	0,34
Москва	-25	20	205	4551	2,99	3,35	4,98	0,19

Таким образом, данная конструкция может использоваться южнее 64 северной широты, что соответствует широкому диапазону применения такой конфигурации наружной стены, выполненной из полистиролбетонных блоков повышенной прочности, без выполнения армопояса по периметру здания.

Для оценки эффективности применения полистиролбетонных блоков повышенной прочности рассматривается двухэтажный жилой дом размерами в плане 12,16x11,19 м и общей площадью 250 м².

Фундаменты монолитные железобетонные мелкого заложения без подвала. Несущий каркас кровли из деревянных конструкций. Кровельное покрытие – мягкая битумная черепица. Рассмотрено несколько конструктивных и технологических решений по возведению объекта.

В данной работе исследуются 3 варианта конструктивных схем здания:

1-й вариант – каркасная схема здания, монолитное ж/б перекрытие.

Каркас здания представляет собой монолитное перекрытие, монолитные колонны сечением 250x250 мм с заполнением проемов бетонными блоками. Толщина сплошной монолитной ж/б плиты перекрытия – 200 мм. 1 степень материального износа здания (срок службы здания – 175 лет), II степень огнестойкости.

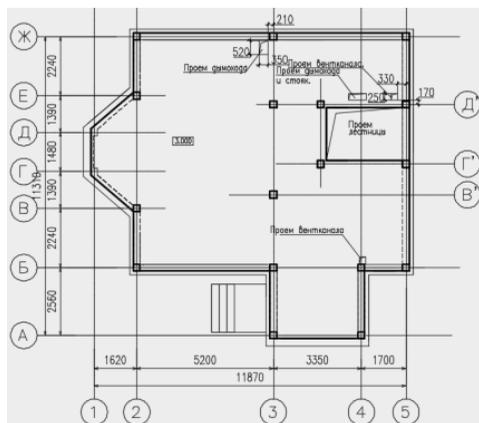


Рис. 4. План монолитной ж/б плиты перекрытия 2-го этажа

2-й вариант – бескаркасная схема здания, монолитное ж/б перекрытие.

Использование блоков повышенной прочности из полистиролбетона, полученные методом самоуплотняющихся масс позволяет отказаться от необходимости использования монолитного каркаса и дает возможность возведения двухэтажного здания с несущими стенами, а также позволяет отказаться от выполнения армопояса по периметру здания. Внутренняя стена выполнена из полистиролбетонных блоков размерами 188x300x388 мм. Срок службы здания – 125 лет, II степень огнестойкости.

3-й вариант – бескаркасная схема здания, сборное ж/б перекрытие.

Помимо возведения здания с монолитным перекрытием, применение полистиролбетонных блоков повышенной прочности позволяет вариант возведения здания со сборными ж/б пустотными плитами без устройства армированного ж/б пояса по периметру здания в уровне опирания плит перекрытия.

Толщина перекрытия равна 220 мм, опирание на стену составляет 120 мм, внутренняя стена выполнена из полистиролбетонных блоков размерами 188x300x388 мм. Срок службы здания – 125 лет, II степень огнестойкости.

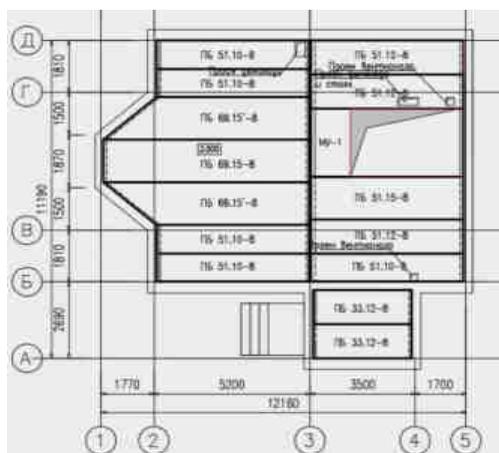


Рис. 5. План сборного перекрытия из ж/б пустотных плит

Технико-экономическое сравнение вариантов на монтаж 1 м^3 кладки с применением заводских блоков и выполнении армопояса и с применением блоков, выполненных по расчетному составу методом самоуплотняющихся масс при электропрогреве показало, что стоимость возведения 1 м^3 кладки из легких блоков можно снизить на 233,74 руб. с учетом НДС при использовании блоков, выполненных по расчетному составу. А также возможно снизить трудоемкость возведения двухэтажного здания на 23,00 чел-ч.

Таблица 2. Сравнение стоимости и сроков возведения трех вариантов конструктивных схем здания

	Монолитное перекрытие/ каркасная схема	Монолитное перекрытие/бескаркасная схема	Сборное перекрытие/бескаркасная схема
Стоимость дома, руб.	10 900 000	10 316 000	9 822 000
Стоимость м^2 , руб.	43 600	41 264	39 288
Сроки возведения, дн.	69,75	64,25	51,75

Таким образом обеспечивается:

- снижение стоимости возведения здания минимум на 10% за счет отказа от использования монолитного армопояса и применения

сборного перекрытия, а также сокращение сроков возведения здания на 25%;

- снижение нагрузки на фундамент на 50% по отношению к кладке толщиной 380 мм из силикатного кирпича за счет малого веса полистиролбетонного блока ($m=13$ кг), и следовательно возможность возведения здания на слабых грунтах;
- снижение трудоемкости кладки стен, снижение затрат на транспортировку блоков путем перехода на менее грузоподъемную технику;
- использование блоков повышенной прочности В7,5 по отношению к блокам с прочностью В2,5 позволяет обеспечить снижение материалоемкости в целом и уменьшение расхода металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51263-2012 Полистиролбетон. Технические условия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097834> (Дата обращения: 12.10.18).
2. СТО 00044807-001-2006 "Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/46/46772/> (Дата обращения: 04.11.18).
3. Стеновые материалы / Достоинства и недостатки полистиролбетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://domostroi.tv> (Дата обращения: 03.11.18).

УДК 691.327.3

РАЗРАБОТКА УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ С КЛАДКОЙ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

В.В. Бокарев, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является изучение влияния различных узлов сопряжения перекрытий с полистиролбетонной кладкой на ее прочностные характеристики.

***Ключевые слова:** полистиролбетон, прочность, кладка, железобетон, экономический эффект.*

THE DEVELOPMENT OF JOINTS OF FLOOR DECKS BY LAYING POLYSTYRENE CONCRETE BLOCKS. ANALYSIS OF THE ECONOMIC EFFECT

V.V. Bokarev, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the research is the analysis of the economic effect in the development of fundamentally new junctions of floor decks with polystyrene concrete laying.

***Keywords:** polystyrene concrete, strength, masonry, reinforced concrete, economic effect*

Полистиролбетон является одной из разновидностей легкого бетона, имеющий отличительную особенность – наличие в своем составе пористого заполнителя – гранул вспененного полистирола. Также в состав полистиролбетона входит минеральное гидравлическое вяжущее цемент, вода и воздухововлекающая добавка.

При необходимости получения более высоких плотностей, в состав полистиролбетона может входить минеральный наполнитель песок. Однако, добавление песка в данный бетон существенно ухудшает теплотехнические свойства будущей конструкции.

Данный материал в настоящее время становится серьезной альтернативой пенобетону и газобетону из-за более широкой области применения, простоты изготовления и значительно лучших характеристик материала (например, вес кубометра наиболее легкой версии полистиролбетона менее 200 кг, а газобетона или пенобетона варьируется от 400 кг и более).

В значительной мере снижается трудоемкость кладки стен из-за свойств материала, которые благоприятствуют изготовлению крупных блоков.

По сравнению с бетонными, полистиролбетонные конструкции имеют меньшую массу. Это значительно снижает расходы на транспортировку, кладку и обработку. Также появляется возможность не использовать тяжелую грузоподъемную технику при строительстве. Суммарная нагрузка от сооружения получается намного меньше, что существенно снижает затраты на возведение фундамента.

Для того чтобы полистиролбетон обладал достаточной несущей способностью, он должен иметь значительную прочность, не имея при этом большой плотности, иначе увеличивается вес строительных конструкций, а также ухудшаются теплотехнические показатели. Тем самым, возникает огромная задача – оптимизация прочностных и теплотехнических показателей изготавливаемых изделий.

Технология возведения малоэтажных зданий из полистиролбетонных блоков имеет свою специфику. Как правило, на рынке строительных материалов преобладают полистиролбетонные блоки прочностью не более чем В2,5. Из-за низкой прочности данных блоков, в сравнении с кирпичом, здания не могут быть более трех этажей, а самое главное, сопряжение плит перекрытия кардинально отличается от традиционной технологии.

На предыдущем этапе исследовательской работы нами были получены блоки повышенной прочности – класса В7,5. Данная прочность позволила разработать узел сопряжения кладки и плиты перекрытия без усиления армированным поясом. В программном комплексе SCAD Office была смоделирована кладка из блоков повышенной прочности с опиранием на нее плит перекрытия. Грунты основания были заданы самым невыгодным способом – с различными модулями упругости по длине стены. При анализе полей напряжений в программном комплексе SCAD Office был сделан вывод о том, что кладка из разработанных нами полистиролбетонных блоков класса В7,5 не нуждается в усилении в

местах сопряжения с плитами перекрытия. Также расчетное сопротивление кладки растяжению при неравномерной осадке здания в 2 раза превышает напряжения, присутствующие в кладке, что говорит об имеющемся запасе прочности.

Для анализа экономического эффекта от внедрения нового каменного материала повышенной прочности и принципиально нового узла сопряжения с плитами перекрытия следует разработать и сравнить стройгенпланы на выполнение кладки, калькуляции трудовых затрат, календарные графики, а также расчеты машин и механизмов для двухэтажного здания размерами 12,3х15,5 м.

Главным отличием двух методов выполнения работ является устройство армированного железобетонного пояса под опирание плит перекрытия. Данная конструкция монолитная и устраивается на строительной площадке. Возведение данного пояса неизбежно влечет за собой технологические перерывы, требуемые на уход за бетонной смесью, что достаточно замедляет строительство в целом.

При составлении и анализе калькуляций трудовых затрат было выявлено, что на возведение армированного пояса для данного объекта требуется 325,20 чел-час, что составляет 10 дней при работе бригады из 4 человек в одну смену. Для ухода за бетонной смесью требуется еще 3 дня до достижения 70% прочности бетона на каждом этаже здания, отсюда следует, что возведение здания замедляется еще на 6 дней при применении блоков класса В2,5.

При подборе машин и механизмов были рассчитаны краны на автомобильном ходу. При применении блоков класса В2,5 расчет был произведен для подъема бады с бетонной смесью на уровень второго этажа. Подобран кран «Ивановец» грузоподъемностью 40 тонн. При применении блоков класса В7,5 расчет был произведен для подъема поддона с полистиролбетонными блоками на уровень второго этажа. Подобран кран «Галичанин» грузоподъемностью 32 тонны, что ведет к экономии при производстве строительных работ в среднем на 500 рублей в час при аренде машины.

При составлении и анализе стройгенпланов был сделан вывод о том, что при применении блоков класса В7,5 можно значительно сократить опасные зоны при перемещении грузов краном, что ведет к уменьшению площади строительной площадки и сокращению затрат на ее обустройство, а при работе в стесненных условиях есть возможность минимизировать затраты на обеспечение безопасности строительных работ.

При анализе составленных календарных графиков можно сделать вывод: при применении блоков класса В7,5 строительные работы

сокращаются с 30 дней до 14. Выработка на каждого члена бригады возросла с $0,92 \text{ м}^3/\text{чел.-дн.}$ до $1,58 \text{ м}^3/\text{чел.-дн.}$

Получение блоков повышенной прочности позволяет расширить возможности применения полистиролбетонных материалов. Появляется возможность отказаться от дорогостоящих и трудоемких работ по возведению армированных поясов для усиления кладки, что ведет к сокращению сроков строительства и значительному его удешевлению, ввиду применения менее грузоподъемных машин и механизмов и отсутствия технологических перерывов на ухаживание за бетонной смесью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51263-2012 Полистиролбетон. Технические условия.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
3. Технология конструкционных материалов: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.А. Кузнецов, А.А. Черепяхин, А.В. Шлыкова, Н.Ф. Шпунькин. М.: Изд-во АСВ, 1999. 355 с.

УДК 691.537, 692.535.6

**ПРИМЕНЕНИЕ НАЛИВНЫХ ПОКРЫТИЙ
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ.
РАСЧЁТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИЙ ПОЛОВ В СИСТЕМЕ SCAD**

Е.А. Щукарева, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается использование наливных покрытий в производственных зданиях. Производится расчет совместной работы конструкций полов в системе комплексного расчета и проектирования SCAD++.

***Ключевые слова:** наливное пола покрытие, полимерминеральные составы, расчет совместной работы элементов пола производственного здания.*

**APPLICATION OF POURED COATINGS IN INDUSTRIAL
BUILDINGS. CALCULATION OF THE JOINT WORK
OF THE FLOOR CONSTRUCTION ELEMENTS
IN THE SCAD SYSTEM**

E.A. Shchukareva, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the use of poured coatings in industrial buildings. We calculate the joint work of floor structures in the SCAD + + integrated calculation and design system.

***Keywords:** poured covering, polymer-mineral structures, calculation of the joint work of floor elements hybrid in an industrial building.*

Полы промышленных зданий применяются в различных отраслях производственной деятельности. Виды промышленных полов в зависимости от назначения подразделяются на: полы для терминалов, складов, материально-технических помещений и производственных

площадок; полы для производственных площадок с повышенным уровнем влажности; полы для помещений с повышенной устойчивой нагрузкой; полы общественных помещений (медицинские здания, детские учреждения, столовые и т.д.); полы промышленных морозильных камер и холодильников; полы в дезактивируемых зданиях и санпропускных пунктах в области атомной промышленности; антистатические, пожаро- и взрывобезопасные полы; полиуретановые полы для спортивных площадок и центров [1]. То есть они встречаются в местах, где требуются большие площадки с надежным основанием, выдерживающим устойчивые нагрузки, перепады температур и даже воздействия агрессивных сред.

Полы промышленных зданий различаются по сфере применения. В настоящий момент бетонный пол может выступать и самостоятельным напольным покрытием, при условиях, если требования к прочности и стойкости не особо высоки. Но если требования возрастают, то он играет роль только основания и не более. В современных условиях промышленные бетонные полы часто критикуют из-за их недостаточной стойкости к сильным химическим и механическим воздействиям.

Одним из методов решения данной проблемы является применение промышленных полимерных полов [2].

В настоящее время разработаны десятки различных самовыравнивающихся композиций, на основе синтетических смол с полимерной или минеральной основой, различающихся как по химической природе, так и по назначению покрытия (эпоксидные, полиуретановые, полиэфирные и др.) [3].

Полиуретановые полы сегодня применяются двух видов:

- Однослойные, или тонкослойные. Они бывают толщиной не более 2 мм и предназначены для помещений с уровнем нагрузок до $0,5 \text{ т/м}^2$. Их не сложно поцарапать, но легкие удары и современную бытовую химию для жилых домов они переносят без проблем.
- Двухкомпонентные, или высоконаполненные имеют толщину до 6 мм. Такое покрытие предназначено для интенсивных нагрузок $q > 0,5 \text{ т/м}^2$, эти полы мыть можно любыми моющими средствами. Двухкомпонентные полиуретановые полы стойки к режим перепадам температур, срок службы не менее 10 лет.

Применение полиуретановых покрытий в промышленных зданиях позволяет переносить механические удары и вибрационные нагрузки. [4].

Основными факторами, влияющими на долговечность монолитного полимерного покрытия, чаще всего, является не истираемость поверхности, а отслоение покрытия от основания.

Причинами, вызывающими отслоение покрытия при его эксплуатации, являются механические воздействия (например, при движении технологического транспорта), а также существенные касательные напряжения, возникающие на границе между покрытием и основанием из-за различия их коэффициентов температурного расширения или усадочные деформации покрытия.

Для выявления зависимостей необходимо произвести расчет совместной работы конструкций полов в системе комплексного расчета и проектирования SCAD ++.

Целью данной работы является: изучение методики расчёта совместной работы конструкций полов в системе комплексного расчёта и проектирования SCAD с учетом собственного веса и временных нагрузок.

В данной работе рассматривается конструкции пола состоящей из бетонного основания и наливного покрытия пола (рис.1).



Рис. 1. Конструкции пола

Расчетная модель представлена в виде пластинчатых элементов. В качестве материала основания выбран тяжелый бетон В25, толщина принята 0,15 м. Покрытия пола полиуретановое, модуль упругости 250000 т/м^2 , коэффициент Пуассона – 0,20, толщина 0,004 м (рис. 2).

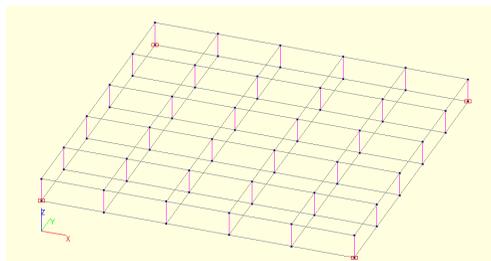


Рис. 2. Расчетная схема конструкции пола

В ходе выполнения работы был выполнен расчет конструкции от собственного веса, а также с учетом временной нагрузки (рис. 3).

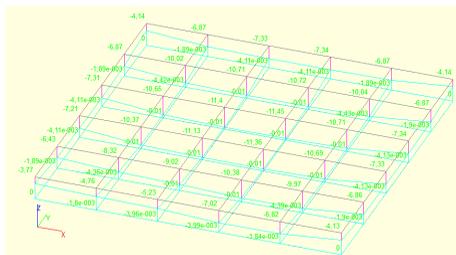


Рис. 3. Значения перемещений в узлах

Как видно из результатов расчета, значения деформаций и напряжений увеличились при воздействии временной силы (рис. 4, 5, 6).

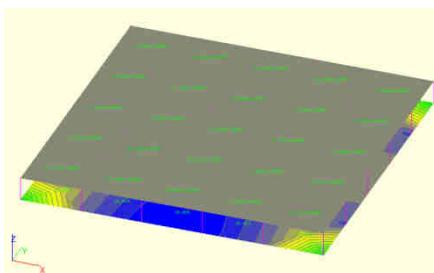


Рис. 4. Отображение изополей напряжений в конструкции пола суммарное (Sx верх)

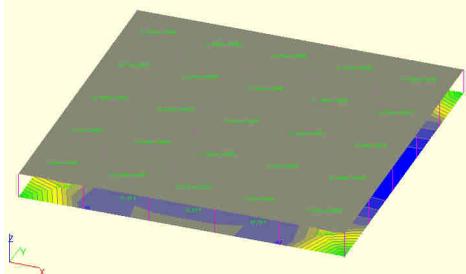


Рис. 5. Отображение изополей напряжений в конструкции пола суммарное (Sx низ)

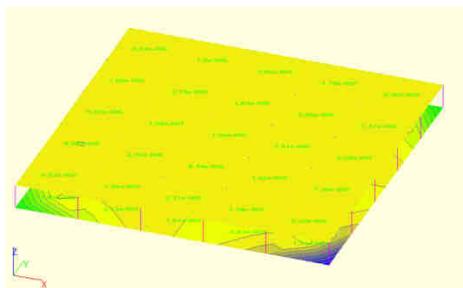


Рис. 6. Отображение изополей напряжений в конструкции пола суммарное (Su верх)

Расчетный метод, использованный в данной работе, позволяет более точно проанализировать совместную работу конструкций и по результатам расчета подобрать необходимые материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 29.13330.2011 «Полы» Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 / Министерство регионального развития РФ. М., 2011.
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова". 104 с.
3. Промышленные полы: технология устройства бетонного и наливного пола на предприятиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pol-master.com/ustroistvo-rmnt/promyshlennye-poly.html> 22.02.2019.
4. *Мощанский Н.А.* Современные химически стойкие полы / Н.А. Мощанский, И.Е. Путляев М., 1973. 120 с.
5. Универсальный программный комплекс для расчета конструкций SCAD ++ Office (Сервисный контракт № 800908099).
6. *Щукарева Е.А.* Применение наливных покрытий в производственных зданиях: полиуретановые композиции / Е.А. Щукарева, В.Б. Доброхотов // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Часть 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. С. 993-996.

ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ КРОВЛИ В РОССИИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Н.В. Александрова, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье дается сравнительная оценка существующей информации о российских компаниях, предоставляющих услуги по монтажу и обслуживанию эксплуатируемых кровель, определяется актуальность изучения и внедрения зарубежного опыта при проектировании и монтаже зеленых кровель в России, рассматриваются различные подходы зарубежных компаний для улучшения эффективности применяемого кровельного материала в существующих климатических условиях.

Ключевые слова: зеленые кровли, кровельные системы, климатические условия.

OPERATED BY THE ROOF IN RUSSIA – MYTH OR REALITY?

N.V. Aleksandrova, V.B. DobrokhotoV

Scientific Supervisor – **V.B. DobrokhotoV**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article gives a comparative assessment of existing information on Russian companies providing services for installation and maintenance of the housetop, is determined by the relevance of the study and introduction of foreign experience in design and installation green roofs in Russia, discusses the various approaches of foreign companies to improve effectiveness of roofing material in the existing climatic conditions.

Keywords: green roofs, roofing systems, climatic conditions.

Увеличение плотности застройки городов оставляет все меньше и меньше нетронутых застройщиками территорий – зеленых насаждений. В связи с уменьшением количества свободной территории для отдыха, в

последние годы началось массовое освоение надземного пространства подземных застроек (автостоянок, гаражей, торговых центров) и использование площади крыш строений. Озеленение крыш явление не новое, однако, в последнее десятилетие, ставшее одним из популярных направлений ландшафтного дизайна. Обустройство зеленых кровель при возведении новых зданий или реконструкции старых получает все большую популярность среди застройщиков, архитекторов, дизайнеров.

Среди зарубежных стран, на сегодняшний день, эксплуатируемые кровли широко распространены в Скандинавии, Исландии, Ирландии, странах Америки, Канаде, Японии, странах Европы, таких, как Германия, которая на сегодняшний день является лидером по количеству патентованных материалов и технологий строительства эксплуатируемых кровель. В Скандинавских странах с его холодным и влажным климатом зеленые кровли помогают сохранить тепло в домах, в то время в странах с теплым и влажным климатом, например Танзания, они удерживают прохладу.

А как же обстоят дела в России? В крупных городах нашей страны прослеживается дефицит свободных от застройки территорий – парков, скверов, садов. Так, например, в северной столице на одного жителя города приходится не более 18 кв. м озелененной территории, в Хабаровске – 12,6 кв. м, во Владивостоке всего лишь 3,5 кв. м территории. Если сравнивать площадь зеленых крыш, то в Чикаго (США) суммарная площадь зеленых кровель составляет 55 500 кв. м, в Вашингтоне (США) – 17 500 кв. м, в Торонто (США) – 2 000 кв. м, площадь же всех традиционных крыш жилых домов Москвы суммарно составляет около 1 млрд кв. м, и только около 50 комплексов имеют эксплуатируемую кровлю. Изучение мирового рынка кровельных материалов и технологий для озеленения эксплуатируемых кровель привело к тому, что число российских компаний, предоставляющих на рынке указанные услуги, за последние несколько лет увеличилось. Но, несмотря на актуальность, озеленение крыш в России все еще остается экзотикой. Еще на этапе проектирования крыш зданий необходимо проработать все строительные нюансы, от воплощения дизайнерских идей до инженерных и строительных особенностей, исключая или сводящие к минимуму возможность возникновения дефектов кровли, как в процессе монтажных работ, так и в процессе эксплуатации, гарантийного и послегарантийного обслуживания. Зеленые кровли уже давно являются стандартной базовой конструкцией в архитектуре многочисленных стран мира в течение продолжительного времени. Благодаря теплоизоляционным качествам плодородного слоя зеленые кровли завоевали широкую популярность. Исследования показали, что зеленые кровли снижают перегрев городских строений в теплое время

года. Наличие растительного покрова на поверхности крыши увеличивает общую массу зелени, испаряющей влагу. Испарение воды - основная причина, вызывающая охлаждение кровли летом. Как итог - снижение температуры окружающего воздуха. В регионах с продолжительным летом зеленые кровли используют и для снижения количества потребляемой энергии. Но в последние годы подтверждена высокая эффективность зеленых кровель для уменьшения количества потребляемой энергии в странах с прохладным климатом, таких как Норвегия, Финляндия, Канада. В настоящее время зеленые кровли уже не представляют собой специализированные конструкции. Они превратились в хорошо просчитанные и тщательно подобранные по эксплуатационным параметрам кровельные системы. Исследования, проводимые в Канаде, показали, что колебания средних суточных температур мембраны для зеленой кровли составили около 6 °С и 45 °С – для стандартной кровли. Эти же исследования показали, что зеленая и классическая плоская кровли схожи с точки зрения показателя тепловой эффективности, в период, когда кровля полностью находится под слоем снега. Это связано с тем, что снежный покров является отличной теплоизоляционной основой: так, при толщине снежного покрова в 25 мм сопротивление теплопередаче будет до 0,18 м²С/Вт.

Строительство зеленых кровель в России считается инновацией, позволяющей преобразить любое здание. Причем каждый объект с эксплуатируемой кровлей в нашей стране можно считать уникальным. Что же является главной причиной столь низкой плотности обустройства эксплуатируемых кровель? Главной причиной, на сегодняшний день, является крайне недешевый процесс освоения пространства для устройства зеленых кровель. Здания и объекты, на которых смонтирована эксплуатируемая кровля, в большинстве своем относятся к высокому ценовому сегменту – это новостройки центра или так называемого престижного района города. Здания, построенные более 20-25 лет назад редко оборудуют эксплуатируемой кровлей ввиду еще большей дороговизны проекта за счет затрат на усиление конструкций здания. Расчет ценности зеленой кровли в течение ее срока эксплуатации показывает, что она сопоставима по стоимости с ценой традиционной кровли. Но этот эффект будет замечен лишь по прошествии нескольких лет эксплуатации.

Что же мешает нам воспользоваться опытом и знаниями, собранной и систематизированной информацией, наработанной за десятилетия зарубежными компаниями, для внедрения и широкого распространения эксплуатируемых зеленых кровель в России с учетом местных климатических условий, проведения оценки состояния кровельных систем, используемых материалов, выявленных различных

типов дефектов, возникших в процессе эксплуатации? Оценить и сравнить качественные характеристики кровельных систем возможно при внимательном рассмотрении опыта иностранных компаний. Опыт таких стран, как Канада и США наиболее ценен для России .

Так что же мы можем перенять от зарубежных компаний, представляющих на рынке услуги по монтажу эксплуатируемых кровель, используя их многолетний опыт? В настоящее время, анализируя предложения компаний, предоставляющих услуги по монтажу эксплуатируемых кровель в России, можно прийти к выводам:

1. Ввиду непродолжительного срока существования компаний, представленные на Российском рынке и отсутствия данных о недостатках, которые могли бы возникнуть через 10, 15, 20 лет после монтажа кровли, невозможно подтвердить такие длительные гарантии на качество выполненных работ, предоставляемые зарубежными компаниями

2. Отсутствие систематизированной информации о поставщиках услуг, их опыте работы, осуществленных проектах, проблемах, выявленных при монтаже эксплуатируемых кровель, в процессе их эксплуатации, гарантийном и послегарантийном обслуживании, а также о реальных сроках службы кровли в условиях российского климата, особенно северной части России, где четко выражено увеличение годовой амплитуды температур и понижение зимних температур, не дает нам полной картины жизни реализуемого проекта, стоимости и частоты его обслуживания, прочих вероятных расходах.

3. По сравнению с США холодное время года в России характеризуется зимами с отсутствием обильных осадков (более месячной нормы).

4. Производители кровельных работ со временем придут к выводу, что сервисное, гарантийное и послегарантийное обслуживание даст им возможность на развитие длительных отношений с заказчиками в тот момент, когда встанет вопрос о замене кровли в процессе реконструкции или капитального ремонта. Только систематизация, предоставление достоверной информации о качестве применяемых в процессе монтажа материалов, контроль качества на каждой ступени (от производства до монтажа), использование полученных знаний зарубежного опыта, предоставление четких обязательств приведет к росту спроса на устройство эксплуатируемых кровель и, как следствие, к рождению предложений в различных ценовых сегментах, внедрению новых, неиспользованных ранее технологий, предусматривающих влияние изменения климатических условий (температуры, влажности, ветровых характеристик) на вид, масштаб и предназначение обустраиваемой эксплуатируемой кровли, к повышению надежности используемых

материалов и конструкции в целом, а также к увеличению срока службы кровель.

Заключение: Оценка деятельности компаний, предоставляющих услуги по монтажу и гарантийному обслуживанию зеленых кровель в России выявила недостатки системы учета информации о поставщиках материалов и услуг, недостаточность информации о реальных сроках службы эксплуатируемых кровель в условиях климата России, особенно ее северной части, а также дала повод задуматься о бесценном опыте зарубежных компаний по внедрению новых технологий при разработке систем эксплуатируемых кровель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по проектированию озеленения и благоустройства крыш жилых и общественных зданий и других искусственных оснований [Электронный ресурс] / СНИПов.нет. Режим доступа: http://snipov.net/c_4673_snip_101295.html (дата обращения 21.02.2019).
2. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых и общественных зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://complexdoc.ru/ntdpdf/480819/posobie_po_ozeleneniyu_i_blagoustroistvu_ekspluatiruemykh_krysh_zhilykh_i.pdf (дата обращения 21.02.2019).
3. *Титова Н.П.* Сады на крышах / Н.П. Титова. М.: Олма-Пресс гранд, 2002. 112 с.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ МАСЕЛ НА БЕТОН

В.С. Гомилко, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются различные степени влияния масел и углеводов на бетонные и железобетонные конструкции.

Ключевые слова: минеральное масло, бензин, керосин, ПАВ, бетон, железобетон, деформативные свойства, прочность.

THE INFLUENCE OF OIL ON CONCRETE

V.S. Gomilko, V.B. DobrokhotoV

Scientific Supervisor – **V.B. DobrokhotoV**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Various degrees of impact of oils and carbohydrates on concrete and reinforced concrete structures are analyzed.

Keywords: mineral oil, gasoline, kerosene, surfactant, concrete, reinforced concrete, deformation properties, durability.

При построении промышленных зданий и конструкций необходимо закладывать различные факторы нагрузок и воздействий. К одним из многочисленных не силовых можно отнести влияние масел на бетоны.

В современной промышленности используется множество различных масел и других нефтепродуктов. Они контактируют с зданиями и сооружениями, влияя на них. Прочность бетона снижается под воздействием нефтепродуктов. Это происходит вследствие ослабления контактов между цементным камнем и заполнителями. Основную роль в противодействии сжатию бетона пропитанного углеводородами, играют пористость и проницаемость. Высокомолекулярные смолы, содержащиеся в отработанных маслах, придают

нефтепродуктам способность легко проникать в мельчайшие трещины и поры. В микропорах и микротрещинах бетона молекулы смол создают расклинивающие напряжения, снижающие прочность бетона. Таким образом, чем больше в бетоне пор и микродефектов, тем быстрее идет его пропитка и тем больше снижается несущая способность элементов бетонной конструкции. Отработанные масла содержат в своем составе кислоты, которые, вступая во взаимодействие с цементным камнем, способствуют его разрушению.

Исследователями Пермяковой В.В. и др. обнаружены особенности воздействия отработанного масла на структурные преобразования бетонных и ЖБ конструкций [1]. Было выделено существенное различие параметров бетона, вымоченного свежим и отработанным минеральным маслом. Вязкость этих масел различается.

Отрицательное воздействие углеводородов на бетон содержится в том, что устойчивость на осевое сжатие понижается на 17% для обычного бетона, а для высокопрочного – на 11,8% [2]. Было выявлено негативное воздействие углеводородов на цементный камень. Экспериментами Матти М.А. [3] установлено увеличение модуля упругости бетона, промасленного сырой нефтью, на 8–10% по соотношению с контрольными моделями, а пропитанного водой – на 10–15%. Это связано со смазывающей способностью маслянистых жидкостей.

В результате многочисленных экспериментов было выяснено, что прочность бетона снижается только в тех нефтепродуктах которые имели в своем составе смолы, являющиеся ПАВами, способными снижать твердость и прочность пористых материалов. Медленное снижение прочности бетона, длительное время вымоченного в минеральных маслах, можно объяснить тем, что смолы, постепенно накапливаясь в микродефектах. Особо отрицательно минеральные масла воздействуют на контактную зону растворной части бетона с заполнителем, следовательно, для производства бетонов, которые в процессе службы будут контактировать с нефтепродуктом, рекомендуется увеличить содержание цемента.

Свинцовым А.П. и др. в работе «Влияние минерального и растительного масла на деформативные свойства бетона» в 2017 году были подтверждены факт негативного воздействия масла на конструкции зданий. Было выявлено, что влияние на деформативные свойства бетона зависит от вязкости пропитывающих маслянистых жидкостей.

Также в 2017 году Улыбин А.В. занимался этой проблемой в работе «Изменение прочности промасленного бетона эксплуатируемых конструкций» и получил любопытные данные, которые расходятся с представленными выше в работе Свинцова А.П. Вопреки общепринятой и экспериментально обоснованной в ряде работ точки зрения о

значительном уменьшении прочности бетона на сжатие под воздействием нефтепродуктов, были получены результаты, противоречащие предыдущим исследованиям. В некоторых бетонных конструкциях замасливание не изменило прочностных свойств.

Возможно, полученные расхождения в полученных результатах были возможны из-за не соблюдения одинаковых условий, к которым относятся: условия доступа нефтепродуктов, их вид, периодичность и период промасливания, условия использования конструкций, плотность, состав и первоначальная прочность бетона и др. Иногда прочность не меняется вообще, в некоторых случаях она менялась, как и в исследованиях влияния масел на бетоны в других экспериментах. В ряде случаев меняется местами причинно-следственная связь. Для получения достоверных результатов изменения прочности промасленного бетона необходимо проводить испытания проб, отобранных из замасленных и не замасленных участков одной и той же бетонной конструкции. Иначе сравнение может быть недостоверным. Желательно, чтобы участки отбора для сравнения были расположены в одинаковых (помимо промасливания) условиях эксплуатации (температура, высота и др. факторы) [4].

Исходя из противоречивых современных работ и данных, полученных из литературы, необходимо конкретизировать настоящее влияние масел на прочностные качества бетонных конструкций. Особенно актуальной эта задача становится в условиях все возрастающего ассортимента смазочных составов на рынке, большинство из которых существенно отличается от традиционных масел, в том числе за счет введения различных модификаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пермякова В.В.* Исследование состояния бетонных и железобетонных конструкций, подверженных воздействию отработанного масла / В.В. Пермякова, Н.А. Лебедева, О.А. Пожиткова // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2000. Т. 237. С. 18-24.
2. *Диаб Х.* Показатели прочности на сжатие бетона низкой и высокой прочности, пропитанного минеральным маслом // Строительство и строительные материалы. 2012. Т. 33. С. 25-31.
3. *Матти М.А.* Влияние замачивания нефти на динамический модуль бетона // Международный журнал цементных композитов и легкого бетона. 1983. Т. 5. С. 277-282.
4. Сайт ООО «ОЗИС-Венчур» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://http://www.ozis-venture.ru/files/publications/2017/Ulybin_A.V._THE_STRENGTH_CHANGES_OF_EXISTING_CONCRETE_STRUCTURES_AFTER_PETROLEUM_OILS_INFLUENCE.pdf, свободный.

УДК 691.32; 697.922

РАЗРАБОТКА БЛОКОВ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОГО БЕТОНА ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Р.К. Броян, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Для вентиляционных блоков был подобран состав легкого конструкционного керамзитобетона. Исследованы основные прочностные характеристики такого бетона, оценена возможность изготовления блоков методом вибропрессования.

***Ключевые слова:** вентиляционные каналы, легкие бетонные блоки, кирпичная кладка.*

DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT CONCRETE-BASED BLOCKS FOR VENTILATION DUCTS

R.K. Broyan, V.B. Dobrokhotoy

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotoy**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We picked a composition of LECA for ventilation blocks. We studied the strength characteristics of the chosen concrete, evaluated the possibility of manufacturing blocks by vibratory compaction.

***Keywords:** air ducts, lightweight concrete blocks, brickwork.*

Поддержание нужных параметров микроклимата в помещении невозможно без правильной организации воздухообмена. Для обеспечения и поддержки нормального микроклимата и температуры, в здании во всех помещениях необходимо устройство вентиляционной системы.

Вентиляционные каналы, как правило, нужно планировать еще на стадии проектирования здания. Один из самых надежных и распростра-

ненных способов создания таких каналов – это их выполнение в кирпичной кладке внутренних стен или перегородок. Другим вариантом является установка отдельных сборных металлических или бетонных каналов. В любом случае выбор материала для создания вентиляционного канала зависит от режима его работы. Задачей может быть как обеспечение микроклимата внутри здания, так и эффективная и надежная работа нагревательного оборудования. Например, для дымохода необходимо будет использоваться только высококачественный огнеупорный кирпич, который может выдерживать значительные температурные нагрузки. Температура внутри дымоходного канала может достигать 200...300 °С, в то время как в системах естественной вентиляции температура не превышает 25-30 °С.

При использовании силикатного кирпича, как материала для вентиляционного канала в зданиях и сооружениях, существует ряд преимуществ, например долговечность, простота и скорость выполнения работ, однако силикатные изделия не могут быть использованы для дымоходов, ввиду низкой термостойкости.

В целом устройство вентиляционных каналов в конструкциях каменной кладки при всех достоинствах имеет существенные недостатки. В частности, достаточно шероховатая внутренняя поверхность вентиляционного канала в кирпичной кладке способствует накоплению загрязнений и постепенно снижает эффективность работы вентиляционной системы. Кроме того, при использовании такого конструктивного подхода трудно обеспечить необходимую герметичность стенок канала (например, при неполном и некачественном заполнении растворных швов).

Для эффективности и быстроты монтажа в сочетании с удобством кладки, необходим выпуск специализированных изделий. Одним из таких вариантов является представленная и на российском рынке продукция немецкой компании Shiedel. Для устройства вентиляционных каналов используются изделия из легкого бетона. Их изготавливают прямоугольной формы и с габаритными размерами от 21x30 до 30x70 см. Кроме этого, возможно устройство коллективных каналов систем вытяжной вентиляции многоэтажных зданий.

Основными достоинствами блоков Shiedel являются:

- 1) Сроки и скорость монтажа. Нет привязки к поэтажной схеме и крану, монтаж возможен на любой стадии возведения здания.
- 2) Изделия не нуждаются в дополнительной внутренней отделке.
- 3) Габариты позволяют экономично встраивать в стены, компоновать блоки.
- 4) Срок службы не менее 50 лет.
- 5) Вентиляционные изделия не распространяют и не усиливают шумы.

К сожалению, основным ограничивающим фактором для широкого использования блоков компании Shiedel являются их ценовые характеристики. Кроме этого необходимо учитывать и необходимость качественной увязки свойств таких изделий с российскими нормами проектирования и характеристиками используемых материалов. В связи с этим основной задачей нашего исследования является разработка технологии изготовления современных изделий для вентканалов на основе легкого бетона.

Известно, что применение в качестве заполнителя в бетоне керамзитового песка и гравия позволяет получить блоки небольшой плотности и, следовательно, малой теплопроводности. Керамзит – это лёгкий пористый материал, получаемый путём обжига глины или глинистого сланца. Однако в настоящее время в основном изготавливаются блоки из крупнопористого (безпесчаного) керамзитобетона. Они имеют отличные теплоизоляционные свойства, однако фактура их поверхности и объемная структура не соответствуют поставленной задаче. Пример такого материала представлен на рис. 1.



Рис. 1

В результате проведенных исследований получен состав керамзитобетонной смеси позволяющей добиться как достаточной ровности поверхности, так и необходимых характеристик плотности и прочности. Внешний вид образца представлен на рис. 2.

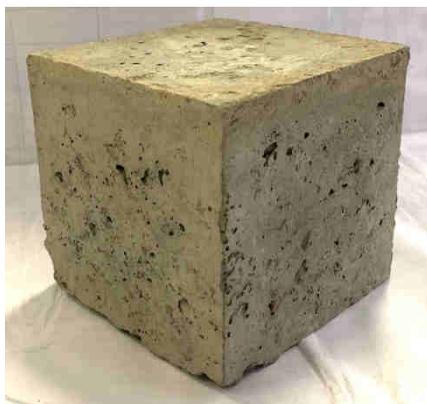


Рис. 2

Изучено влияние компонентного и фракционного состава на плотность и прочность бетона при твердении в нормальных условиях.

В табл. 1 представлены полученные характеристики для двух составов смеси.

Таблица 1

№	Состав образца	В/Ц отношение	Массовая доля цемента (ПЦ 500-ДО)	Плотность, кг/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа
1	*Состав №1	0,429	0,188	900	9,27
2	*Состав №2	0,429	0,429	1450	35,30

***Состав № 1 (масс. доли)**

Керамзит фракции 5-10 мм – 0,312

Керамзит фракции 2,5-5 мм – 0,097

Кварцевый песок фракции 1,25-2,5 мм – 0,274

Кварцевый песок фракции до 1,25 мм. – 0,129

***Состав № 2 (масс. доли)**

Керамзит фракции 5-10 мм – 0,331

Керамзит фракции 2,5-5 мм – 0,103

Кварцевый песок фракции до 0,63 мм – 0,366

Пластификатор С-3 – 0,9% (от массы цемента).

Установлено, что подбор оптимального соотношения фракций заполнителя и применение пластификатора с расходом 0,8-1% от массы

цемента позволяет получить изделия с плотностью от 900 до 1450 кг/м³ и с прочностью на сжатие от 9 до 35 МПа. Такие составы могут служить основой для получения специализированных блоков для вентиляционных каналов различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1987. 415 с.
2. Легкие бетоны [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kladembeton.ru/vidy/drugie/legkij-beton.html>, свободный.
3. Вентялиционные системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.alfaplan.ru/upload/information_system_24/6/9/0/item_6901/information_items_property_3025.pdf, свободный.

УДК 693.221

ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С НЕСУЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

А.Т. Броян, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен вопрос об остаточной прочности кладочных материалов.

Ключевые слова: силикатный кирпич, морозостойкость, dilatometer.

RECONSTRUCTION OF BUILDINGS WITH CARRYING STRUCTURES FROM SAND-LIME BRICK

A.T. Broyan, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The question of residual strength of masonry materials is considered.

Keywords: silicate brick, frost resistance, dilatometer.

Современная практика архитектурного проектирования и строительства гражданских зданий в большей степени связана с реконструкцией существующего фонда и модернизацией различных общественных зданий. Реконструкция стала в последнее время магистральным направлением в области капитального строительства в исторически сложившихся городах. Ее объемы настолько возросли, что опережают темпы развития вновь построенных зданий. Такое положение дел в строительстве сложилось в связи с тем, что новые экономические условия страны не позволяют привлекать огромные финансовые средства на новое строительство.

Согласно СП 255.1325800.2016, большинство гражданских зданий при проектировании/реконструкции должны обеспечивать более 50 лет

безотказной эксплуатации:

Таблица 1. Рекомендуемые сроки службы зданий (сооружений)

Объекты	Примерный срок службы
Временные здания (сооружения) (бытовки строительных рабочих и вахтового персонала, временные склады, летние павильоны и т.п.) (см. дополнительно ГОСТ 22853)	10 лет
Сооружения, эксплуатируемые в условиях сильноагрессивных сред (сосуды и резервуары, трубопроводы предприятий нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности, сооружения в условиях морской среды и т.п.)	Не менее 25 лет
Здания (сооружения) массового строительства в обычных условиях эксплуатации (здания жилищно-гражданского и производственного строительства)	Не менее 50 лет
Уникальные здания (сооружения)*	100 лет и более

Некоторые конструкции, например цокольные части, находятся в зоне переменного увлажнения и периодического замораживания. Отрицательная температура (если она ниже расчетной или не приняты специальные меры для защиты конструкций от увлажнения), приводящая к замерзанию влаги в конструкциях и грунтах оснований, разрушающе действует на здания.

При замерзании воды в порах материала объем ее увеличивается, что создает внутренние напряжения, которые все возрастают вследствие сжатия массы самого материала под влиянием охлаждения. Давление льда в замкнутых порах весьма велико – до 20 МПа. Разрушение конструкций в результате замораживания происходит только при полном (критическом) водонасыщении материала.

Вода начинает замерзать у поверхности конструкций, а поэтому разрушение их под воздействием отрицательной температуры начинается с поверхности, особенно с углов и ребер. Максимальный объем льда получается при температуре $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда вся вода превращается в лед. Интенсивность замерзания влаги зависит от объема пор. Так, если вода в

больших порах начинает переходить в лед при 0 °С, то в капиллярах она замерзает только при температурах ниже –17 °С.

Для обеспечения требуемого срока службы, необходимо, чтобы используемые кладочные материалы удовлетворяли требованиям СП15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». Согласно своду правил кладочные материалы должны иметь марку по морозостойкости не ниже F25. Это требование может быть обеспечено за счет использования материалов обладающих необходимыми свойствами, которые гарантирует их предприятие-изготовитель. В то же время при реконструкции объекта остро стоит вопрос об остаточных показателях тех или иных конструкционных материалов. Прочность (несущая способность) стеновых материалов может быть определена в ходе работ по обследованию, на основе либо разрушающих методов оценки, либо с использованием адеструктивных методик. Однако измерение остаточной морозостойкости стеновых материалов существенно ограничено. Существующие методы в основном сориентированы не на измерение морозостойкости, а на контроль их соответствия заранее заданным значениям. Поэтому в случае контроля морозостойкости стандартными методами по образцам отобраным из конструкций при обследовании можно только констатировать их соответствие, или несоответствие минимальным требованиям. При этом вопрос о величине запаса данной характеристики будет оставаться открытым. В конечном счете все вышесказанное указывает на необходимость разработки новых методик оценки остаточной морозостойкости конструкций, в том числе и для силикатных стеновых материалов.

Нами предложено использовать для измерения остаточной морозостойкости дилатометрический метод. Так, на рис. 1 представлены результаты определения зависимости между относительными объемными деформациями нескольких образцов силикатного кирпича, отобранными из конструкций наружных стен и количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания. Для определения объемных деформаций использован дилатометр ДОД-3К.

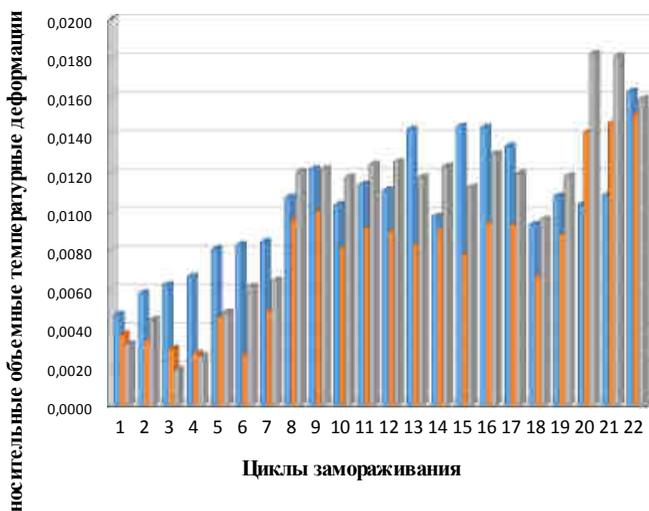


Рис. 1. Относительные температурные деформации при циклах замораживания

Из представленных результатов следует, что несмотря на различие в свойствах отдельных образцов четко прослеживается общий характер зависимости, которая отражает рост относительных объемных деформаций контрольных образцов в ходе их последовательного циклического замораживания и оттаивания. Данная зависимость может стать основой для разработки методики оценки остаточной морозостойкости стеновых материалов, и в том числе силикатного кирпича.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. М.: Минрегион России, 2012.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Минрегион России, 2012.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Минрегион России, 2017.
6. Белов В.В. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций / В.В. Белов, В.Н. Деркач. СПбГПУ, 2010.

УДК 691.32

РАЗРАБОТКА КРУПНОФОРМАТНЫХ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

М.С. Бочек, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработан состав легкой бетонной смеси, в качестве заполнителей которой взят керамзит, так чтобы получить стеновой блок с ровными гранями.

***Ключевые слова:** ровные грани, теплотехнические показатели, сокращение сроков производства работ.*

THE DEVELOPMENT OF LARGE LECA BLOCKS

M.S. Bochek, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We developed a composition of lightweight concrete. Several fractions of LECA are used as its aggregates. The main objective is to get products in the form of blocks with the most accurate geometry of surface.

***Keywords:** LECA, thermal performance, work shortening.*

В современном малоэтажном строительстве все чаще применяются стеновые ограждения из крупноформатных блоков. Данный выбор обусловлен высокой производительностью труда, по сравнению с обычным кирпичом, при хороших показателях прочности этих ограждающих конструкций. На рынке сейчас представлены следующие варианты блоков: бетонные, газосиликатные, шлакоблоки, керамические поризованные блоки и пеноблоки, керамзитобетонные или полистиролбетонные.

Бетонные стеновые блоки просты по своему составу – цемент, песок и минеральные красители. Такие блоки обладают высокой стои-

мостью, недостаточными теплотехническими показателями, и поскольку имеют высокую массу, при их монтаже значительно увеличиваются трудозатраты.

Газосиликатные блоки имеют ряд преимуществ, таких как небольшой вес, высокие прочностные показатели. Как и любой материал, газосиликатные блоки имеют недостатки – в стены из газосиликатных блоков практически невозможно устанавливать анкерные системы, характерен высокий уровень усадки, также стоит отметить, что на такие блоки не рекомендуют наносить цементно-песчаные штукатурки.

В последнее время применение получили и керамические поризованные крупноформатные блоки, обладающие рядом существенных преимуществ, таких как долговечность, хорошая звукоизоляция, экологичность, отличные теплоизоляционные характеристики, но, как и все керамические изделия, эти блоки необходимо обжигать, что часто влечет за собой потерю необходимой точности их геометрических форм. Отклонения геометрии таких блоков существенно влияет не только на производительность труда при возведении конструкций, но и сказывается на теплотехнической однородности кладки. Нельзя забывать и об экономической стороне вопроса. Альтернативой может быть производство крупноформатных керамзитобетонных блоков. Благодаря малой плотности керамзитобетон относится к конструкционно-теплоизоляционному бетону, и собственный вес стен получается значительно ниже, чем при использовании кирпичной кладки, что позволяет уменьшить нагрузку на фундамент. При этом изделия из керамзитобетона могут и хорошими прочностными свойствами, в особенности для малоэтажного строительства.

В настоящий момент выпускаются керамзитобетонные блоки различных размеров: от 190х390х90 мм до 190х390х188 мм. Обычно один блок из керамзита в 3–7 раз превышает размеры обычного модульного кирпича, что позволяет увеличить производительность труда, тем самым снизить затраты на возведение здания. Действующими нормами допускается достаточно большие отклонения геометрических параметров изделий. Однако практически все выпускаемые керамзитобетонные стеновые и перегородочные блоки изготавливаются из крупнопористой (беспесчаной) бетонной смеси. Это позволяет существенно снизить плотность изделий и, следовательно, улучшить тепло- и звукоизоляционные характеристики, однако фактура поверхности таких изделий не позволяет использовать их для эффективной каменной кладки с минимальной толщиной швов, и тем более для разработки пазогребневых систем, без заполнения вертикальных швов для наружного ограждения.



Рис. 1. Пример крупнопористого керамзитобетона

Экспериментальная часть нашей работы была направлена на подбор керамзитобетонной смеси, которая была бы, во-первых, минимальной по плотности, во-вторых, достаточно жесткой для немедленной распалубки блока после виброформования. Другой важной задачей является получение достаточно ровной поверхности таких изделий.

Цемент применялся марки ПЦ 500-Д0, с расходом от 250 до 450 кг/м³, водоцементное отношение около 0,5. Керамзитовый гравий марки D800 разделен на несколько фракций, включая и керамзитовый песок.

Подбор рационального соотношения компонентов позволил получить изделия с достаточно ровной поверхностью (рис. 2).

При варьировании водоцементного отношения ожидалось, что при минимальном водоцементном отношении прочность будет выше, однако фактические измерения прочностных свойств в марочном возрасте показали обратную закономерность. Вероятно, это обусловлено тем, что при малых водоцементных отношениях смесь, плохо формируется, в структуре бетона остается большое количество воздушных пустот, которые и влияют на прочностные свойства. Чтобы обеспечить максимальную прочность, приходится увеличивать водоцементное соотношение, тем самым улучшая формуемость смеси.



Рис. 2. Образец при оптимальном водоцементном отношении без пластифицирующих добавок

Было принято решение применить добавку пластификатор «BASF Rheobuild 181A» с расходом от 0,8-1% до 2% от массы цемента. Это позволило при минимальном водоцементном соотношении получить максимальные прочностные характеристики. Структура поверхности получила значительные изменения по сравнению с первой серией образцов (рис. 3).



Рис. 3. Образец при использовании пластифицирующей добавки

Таким образом, за счет подбора рационального соотношения фракций легкого заполнителя, оптимального расхода воды и применения пластификатора можно добиться получения изделий с прочностными характеристиками до 25-30 МПа при плотности 1000-1100 кг/м³ и с достаточно ровной поверхностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Баженев Ю.М.* Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1987. 415 с.

2 Стеновые блоки – экономичное решение для быстрого строительства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kudavlozidengi.adne.info/stenovye-bloki/>, свободный. Загл. с экрана.

3 Стройматериалы. Газосиликатные блоки для строительства дома [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://resforbuild.ru/beton/bloki/gazosilikatnye/plyusy-i-minusy-3.html>, свободный.

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

УДК 657.6-051-057.3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ АУДИТОРА СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА

А.А. Алексеева, А.С. Степанова

Научный руководитель – **А.С. Степанова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается методика оценки компетентности аудитора систем менеджмента применительно к организациям, где деятельность по проведению аудитов систем менеджмента включена в часть управляющих или поддерживающих бизнес-процессов.

Ключевые слова: аудит, компетентность, оценка аудита, методика оценки аудитора систем менеджмента.

THE METHOD OF DETERMINING THE COMPETENCE OF MANAGEMENT SYSTEMS AUDITOR

A.A. Alekseeva, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – **A.S. Stepanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The technique for assessment the competence of the auditor of management systems in relation to the organizations where the activity on carrying out audits of management systems is included in the part of managing or supporting business processes is considered.

Keywords: audit, competence, audit evaluation, method of auditor evaluation of management systems.

Проведя анализ стандартов ИСО серии 9000 от версии 1996 г. по настоящее время в части определения требований к аудитам и критериям оценки компетентности аудиторов систем менеджмента (рис. 1), можно отметить тенденцию изменения данных требований.



Рис. 1. Изменение требований к аудитам систем менеджмента

Появление стандарта ГОСТ Р ИСО 19011 в 2003 году в значительной степени облегчило оценку компетентности аудитора по сравнению с предшествующими версиями ГОСТ Р ИСО 10011-1, ГОСТ Р ИСО 10011-2 и ГОСТ Р ИСО 10011-3, которые обязывали аудитора подтверждать свою компетентность в органе по сертификации. С появлением в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 пункта «9.2 Внутренний аудит, п. 9.2.2 Организация должна: с) **отбирать аудиторов** и проводить аудиты так, чтобы обеспечивалась объективность и беспристрастность процесса аудита» [1] вновь стал вопрос по подбору и оценке кандидатур в аудиторы.

Требования стандарта ГОСТ Р ИСО 19011-2003 и ГОСТ Р ИСО 19011-2012 дают рекомендации по основным составляющим концепции компетентности аудитора, которым он должен соответствовать [2] (рис. 2).

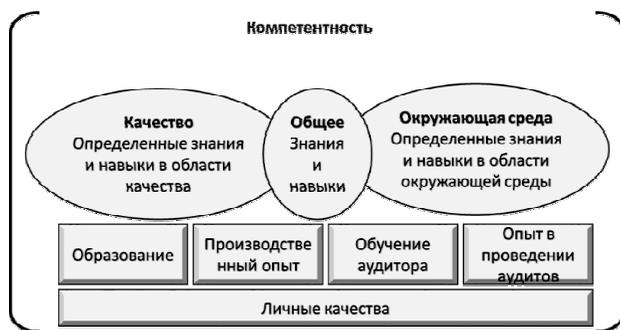


Рис. 2. Концепция компетентности аудитора

При этом оценка компетентности аудитора значительно ослабла. За период с 2000-х по 2016 гг., наблюдается снижение количества аудиторов на предприятиях из-за сокращений, и других экономических факторов. Многие предприятия стали самостоятельно устанавливать требования, минимуму которых должен соответствовать аудитор. В это время на многих предприятиях появляются реестры аудиторов, листы оценки аудиторов, оценка аудиторов осуществляется по большому количеству критериев, например, таких как:

- образование и подготовка;
- опыт работы;
- личные качества;
- способность к руководству;
- поддержание компетентности, обучаемость.

Поэтому предлагается проводить оценку уровня компетентности аудиторов систем менеджмента на основе следующих данных:

- наличие профильного образования;
- производственный трудовой стаж аудитора;
- количество переекстааций;
- участие в проверках за предшествующий год.

Уровень компетентности аудитора рассчитывается в баллах по формуле (1):

$$У_{\text{комп}} = (K_{\text{об}} + K_{\text{труд}} + K_{\text{п/ат}} + K_{\text{уч}}) / 4, \quad (1)$$

где:

$K_{\text{об}}$ – образование;

$K_{\text{труд}}$ – производственный трудовой стаж аудитора;

$K_{\text{п/ат}}$ – количество переекстааций;

$K_{\text{уч}}$ – участие в проверках за предшествующий год.

Коэффициент $K_{\text{об}}$ (образование) рассчитывается исходя из данных табл. 1.

Таблица 1. Образование

Образование	$K_{\text{об}}$
Среднее специальное	0,5
Высшее профильное	1
Высшее не профильное	0,3
Дополнительное высшее профильное	1

Коэффициент $K_{\text{труд}}$ (производственный трудовой стаж аудитора)

рассчитывается исходя из данных табл. 2.

Таблица 2. Производственный трудовой стаж аудитора

Производственный трудовой стаж	$K_{\text{труд}}$
3 года	0,3
3-10 лет	0,5
11-15 лет	0,7
Более 15 лет	1

Коэффициент $K_{\text{п/ат}}$ (количество переаттестаций) рассчитывается исходя из данных табл. 3.

Таблица 3. Количество переаттестаций

Количество переаттестаций	$K_{\text{п/ат}}$
1	0,3
2-3	0,5
4-5	0,7
Более 5	1

Коэффициент $K_{\text{уч}}$ (участие в проверках за предшествующий год) рассчитывается, исходя из полученного значения K^* уч, рассчитываемого по формуле (2):

$$K^* \text{ уч} = K^* \text{ уч}_1 * n_1 + K^* \text{ уч}_2 * n_2 + K^* \text{ уч}_3 * n_3, \quad (2)$$

где $K^* \text{ уч}_1, 2, 3$ – роль аудитора в группе, берется из табл. 4;

n_1, n_2, n_3 – количество проверок в качестве главного аудитора, эксперта/технического эксперта, стажера соответственно.

Таблица 4. Роль аудитора в группе

Роль аудитора в группе	К*уч
Главный аудитор / наблюдатель	0,7
Эксперт/технический эксперт	0,5
Стажер	0,2

Полученное значение $K^*уч$ интерпретируется в $K_{уч}$ в соответствии с табл. 5.

Таблица 5. Участие в проверках за предшествующий год

К * уч	К_{уч}
$K * уч \geq 20$	1
$10 > K * уч \leq 20$	0,8
$5 > K * уч \leq 10$	0,6
$0,5 > K * уч \leq 5$	0,4

В зависимости от показателя уровня компетентности аудитору присваивается категория (табл. 6) в соответствии расчетной формулой (1).

Таблица 6. Уровень компетентности аудитора

Категория аудитора	У_{комп}
Аудитор начальной категории	0,1 – 0,5
Аудитор средней квалификации	0,51 – 0,8
Аудитор высшей квалификации	0,8 – 1

Разработанная и предлагаемая методика определения компетентности аудитора может быть применена независимо от системы менеджмента, в который проводится аудит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.
2. ГОСТ Р ИСО 19011-2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента [Текст]. Введ. 2013-02-01. М.: Стандартинформ, 2013. 42 с.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

С.А. Архиреева, М.Е. Ильина

Научный руководитель – **М.Е. Ильина**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

Рассматривается роль системы мотивации в управлении качеством на предприятии. Определены особенности, сформулированы рекомендации, задачи и критерии оценки системы мотивации персонала на высокотехнологичном совместном предприятии.

***Ключевые слова:** мотивация персонала, управление качеством.*

RECOMMENDATIONS AND EVALUATION CRITERIA FOR THE PERSONNEL MO- TIVATION SYSTEM ON THE BASIS OF QUALITY MAN- AGEMENT STANDARDS DEVELOPMENT

S.A. Arhireeva, M.E. Ilyina

Scientific Supervisor – **M.E. Ilyina**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The role of the motivation system in quality management in the enterprise is considered. The peculiarities were determined, recommendations, tasks and criteria for evaluating the personnel motivation system at a high-tech joint venture were formulated.

***Keywords:** staff motivation, quality management.*

Современные стандарты в области качества уделяют значительное внимание человеческому фактору. В частности, все принципы менеджмента качества во многом зависят от человеческого фактора. Прежде всего, это касается принципов «взаимодействие работников» и «лидерство», на реализацию которых существенно влияют особенности корпоративной культуры организации. Кроме того, в стандартах подчеркивается, что

человеческий фактор оказывает существенное влияние на систему менеджмента, учитывается при расчёте возможностей и рисков предприятия, может воздействовать на управление процессами жизненного цикла продукции и требует предотвращения своего негативного влияния [1, 2]. Такое явление, как человеческий фактор, способно оказывать существенное влияние на эффективность функционирования предприятия и, следовательно, на качество выпускаемой им продукции.

Напрямую на персонал влияют методы и средства мотивации, именно система стимулирования персонала способна повысить уровень заинтересованности, включенности в работу и повышение качества результатов труда сотрудников. Таким образом, мотивация труда – это один из важнейших инструментов системы менеджмента предприятия.

В основе любой системы стимулирования лежат материальные (денежное вознаграждение), нематериальные (грамоты, похвала и др.) и косвенные (абонементы, корпоративные мероприятия, организация зон отдыха и др.) методы стимулирования. Разработка же конкретных средств, методов и инструментов мотивации для различных подразделений и должностей целесообразно определять в ходе проведения внутриорганизационного анализа и согласования с высшим руководством.

Правильная мотивация персонала – процесс не такой простой, как это может показаться на первый взгляд. Она требует учета таких факторов как: тип предприятия, страна, система ценностей компании и работников, условия работы, управленческая политика, социальные характеристики, возраст и мотивационный типаж каждого сотрудника.

Российская система мотивации также имеет ряд особенностей: ориентация на финансовое стимулирование, нематериальная мотивация находит небольшой отклик у персонала, взаимонаблюдение сотрудников выступает одним из стимулирующих факторов, распространено моральное поощрение персонала: выдача грамот, похвала перед коллективом; распространена негативная модель «кнута и пряника».

Исходя из вышесказанного, наиболее сложно правильно подобрать и внедрить систему стимулирования персонала на высокотехнологичном совместном предприятии, так как оно имеет ряд характерных отличий:

- поддержание информационного обмена на должном уровне точности и своевременности, постоянная осведомленность о ходе процессов партнеров;

- возможное наличие временно переведенных сотрудников;

- культурные и организационные ценности компаний могут отличаться: по определенной выраженности организационных процедур, по степени готовности к риску, поощрению групповой работы либо индивидуальности, соперничества или сотрудничества, по степени предпочтения индивидуальных либо групповых форм принятия решений, по уровню

информированности членов организации и мерой их лояльности, по степени подчиненности планам, по стилю лидерства, различным подходам к разделению вознаграждения сотрудников на материальное и нематериальное, по уровню делегирования полномочий сотрудникам и др.;

- особенности культур, обычаев и правил разных национальностей;

- важно учитывать мнения руководства с обеих сторон.

На основе проведенного анализа с учетом указанных факторов были разработаны следующие рекомендации по созданию и управлению системой мотивации персонала на совместном высокотехнологичном предприятии. Система мотивации должна:

- в первую очередь быть нацелена на качество;
- комплексно охватывать несколько задач, используя не только материальные стимулы, но и средства нематериальной мотивации;

- использовать средства и методы мотивации в соответствии с целесообразностью их внедрения по месту и времени;

- быть ориентирована на личность сотрудника;

- соответствовать мотивационному профилю сотрудников;

- представлять собой справедливую систему вознаграждения;

- внедряться с учетом этапа жизненного цикла предприятия, адекватности средней зарплаты и фонда оплаты труда;

- включать в себя выявление и своевременное устранение демотивирующих факторов;

- быть управляемой и гибкой.

Разработаны классификация задач и критерии оценки системы мотивации, которые позволяют реализовать комплексный современный подход к созданию и совершенствованию системы стимулирования персонала высокотехнологичного совместного предприятия (табл.1). Данная классификация включает три уровня и основана на принципах и требованиях стандартов в области систем менеджмента качества (СМК).

Таблица 1. Задачи и критерии оценки системы мотивации персонала

Задачи системы мотивации	Критерии оценки системы
1-й уровень – индивидуальный	
Наличие персонала и его присутствие на работе	Количество кандидатов на вакантное место; соблюдение дисциплины
Лояльность персонала	Коэффициент текучести кадров после внедрения мотивационной системы, отношение к работе

Окончание табл. 1

Компетентность персонала	Результаты аттестации персонала, мнения потребителей и коллег о деятельности сотрудников, опыт работы и др.
2-й уровень – взаимодействия	
Осведомленность персонала о требованиях СМК	Результаты опросов персонала при проведении аудитов, отсутствие среди причин несоответствий незнания персоналом требований
Вовлеченность персонала в рабочий процесс	Участие персонала в принятии решений, количество поступающих от сотрудников предложений по улучшению деятельности, участие в мероприятиях предприятия
Корректный обмен информацией	Качество коммуникаций, социально-психологический климат
3-й уровень – результативность	
Соблюдение персоналом требований СМК	Количество несоответствий требованиям СМК по результатам аудитов, результаты контроля качества продукции, удовлетворенность потребителей
Участие в управлении рисками	Отношение предотвращенных несоответствий к общему числу несоответствий
Участие персонала в формировании знаний организации	Показатели участия персонала в конференциях, семинарах, выставках, взаимодействие с потребителями и поставщиками, участие в формировании базы знаний предприятия, научно-исследовательских работах, изучение и использование стандартов и научной литературы, участие в подготовке молодых специалистов (наставничество)

Использование предложенных рекомендаций и критериев оценки, учитывающих основные задачи системы в соответствии с принципами и требованиями стандартов в области качества, в ходе формирования концепции системы стимулирования на предприятии поможет улучшить взаимодействия и повысить результативность систем менеджмента качества совместных предприятий высокотехнологичных отраслей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 53 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ООО «СЛАВЯНСКИЙ ХЛЕБ»

И.А. Баданина, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье содержатся ключевые моменты разработки стратегии повышения качества продукции ООО «Славянский хлеб».

***Ключевые слова:** стратегия повышения качества, инструменты портфельного анализа, хлебобулочные изделия, FSSC 22000.*

DEVELOPMENT OF STRATEGY TO IMPROVE PRODUCT QUALITY OF THE ENTERPRISE «SLAVYANSKIJ HLEB»

I.A. Badanina, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article contains the key points of developing a strategy for improving the quality of products of the enterprise «Slavyanskij hleb».

***Keywords:** strategy for improving the quality of products, portfolio analysis tools, bakery products, FSSC 22000.*

Методология стратегического управления является одним из инструментов управления развитием организации. Стратегическое управление позволяет повысить уровень конкурентоспособности предприятия, поэтому разработка стратегии предприятия является наиболее актуальной проблемой. Одним из предприятий, развивающихся на основе стратегического управления, является ООО «Славянский хлеб» Вологодской области.

Для разработки стратегии ООО «Славянский хлеб» были проведены SWOT-анализ, PEST-анализ, портфельный анализ положения компании на рынке.

По результатам SWOT-анализа были выявлены угрозы для предприятия, а именно: неурожай зерновых культур, приводящий к росту цен на зерно и продукты его переработки (муку); малая транспортабельность продук-

ции, связанная с небольшими сроками годности (реализации) продукции; жесткая конкуренция, так как на рынке г. Вологда существуют два крупных производителя хлебобулочной продукции; активная пропаганда в средствах массовой информации здорового образа жизни и, как следствие, вреда потребления хлебобулочной продукции, что не совсем соответствует действительности; сокращение прибыли от основной деятельности.

Также данный анализ указал на слабые стороны предприятия: изношенность основных фондов предприятия; аварии из-за изношенности основных фондов и др. [1].

Поддерживать конкурентоспособность предприятию позволяют сильные стороны: широкий ассортимент продукции; собственная скважина; удовлетворение индивидуальных запросов и др.

Также при построении стратегии предприятию необходимо обратить внимание на предоставляемые возможности: рост уровня доходов населения; пропаганда здорового образа жизни; снижение стоимости на оборудование; программа льготного кредитования малого и среднего бизнеса (программа «6,5»); выход новой версии стандарта ISO 22000:2018.

Более подробно факторы окружающей среды были рассмотрены в PEST-анализе, который показал, что наибольшее влияние на предприятие оказывают экономические и социально-культурные факторы. Из анализа видно, что предприятию необходимо обратить свое внимание на изменение курса валют, государственную поддержку отрасли, а также демографическую ситуацию и на развивающиеся электронные торговые площадки.

Анализ Майкла Портера «5С» показал, какое место ООО «Славянский хлеб» занимает по отношению к своим конкурентам, и выявил приоритетные направления работ для ООО «Славянский хлеб», а именно:

1. Разработка уникальных товаров.
2. Сосредоточить основные усилия на построении высокого уровня знания товара и на построении осведомленности об уникальных особенностях товара.
3. Проводить мониторинг предложений конкурентов и появления новых игроков.
4. Снижать влияние ценовой конкуренции на продажи компании.
5. Акционную активность сконцентрировать на построении длительных отношений с покупателем.
6. Рекомендуется диверсифицировать портфель клиентов.
7. Требуются специальные программы для VIP-клиентов и эконом-программы для потребителей, чувствительных к цене.
8. Сосредоточиться на устранении всех недостатков товара.

Предприятие выделяет следующие виды риска:

1. Отраслевые риски (неурожай зерновых культур, малая транспарентность продукции, жесткая конкуренция);

2. Финансовые риски (изменение (резкое колебание) курса основных валют (доллар/евро);

3. Правовые риски (изменение налогового законодательства, изменение лицензионных требований, изменение судебной практики).

4. Риски, связанные с деятельностью ООО «Славянский хлеб» (технические риски, такие как, например, изношенность основных фондов предприятия; аварии из-за изношенности основных фондов и др.).

Также предприятие не учитывает риск популяризации здорового образа жизни, которое может привести к снижению потребления хлебо-булочных и кондитерских изделий.

На основании полученных данных была разработана стратегия повышения качества продукции ООО «Славянский хлеб».

Разработка стратегии осуществлялась по следующим этапам:

1. Инициализация и планирование;
2. Сбор и документирование информации;
3. Анализ и построение дорожной карты включая изучение различных подходов к реализации стратегических задач;
4. Экспертиза и утверждение технологической дорожной карты.

Стратегия повышения качества продукции ООО «Славянский хлеб» ставит перед собой амбициозную цель – стать лидером на Вологодском рынке и выйти на рынки хлебобулочной продукции других регионов России путем изготовления высококачественных и безопасных, вкусных и полезных для покупателей изделий в соответствии с современными стандартами, санитарными правилами и нормами. Для этого предполагается решить следующее.

Так как предприятие уже сертифицировало систему менеджмента пищевой безопасности на соответствие международному стандарту ISO 22000:2005, то необходимо принять решение сертифицировать систему по схеме FSSC 22000 версии 4.1.

Этот шаг способствует осуществлению поставок продукции транснациональным ретейлерам (таким как «Ашан», «Метро» и пр.).

Так как в 2018 году вышла новая версия стандарта ISO 22000, то компании было бы необходимо произвести ресертификацию, но решение о сертификации по схеме FSSC 22000 версии 4.1 включает требования данного стандарта, поэтому будет достаточно сертифицироваться только по схеме FSSC 22000, которая будет обновлена в соответствии со стандартом ISO 22000:2018.

«Дорожная карта» повышения качества продукции завода включает в себя следующие основные мероприятия:

1. Разработка процедуры по предотвращению использования ГМО для производства продукции в связи с выходом Распоряжения Правительства РФ от 16 августа 2018 г. № 1697-р [2], а также Распоряжения

Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р [3], а также Распоряжения Правительства РФ от 19 апреля 2017 г. № 738-р [4].

Ожидаемый результат: повышение прозрачности контроля качества продукции и получение высококачественной продукции, не содержащей ГМО и пищевые аллергены.

2. Проведение диагностического аудита.

Ожидаемый результат: данное мероприятие позволит выявить возможности и недостатки для проведения сертификации на соответствие требованиям FSSC 22000 последней версии.

3. Создание группы для осуществления работ для сертификации по схеме FSSC 22000.

Ожидаемый результат: данное мероприятие четко определит сотрудников, отвечающих за разработку документации необходимой для сертификации, и других видов работ, требующихся для сертификации.

4. Проектирование системы менеджмента в соответствии с требованиями FSSC 22000 версии 4.1.

Ожидаемый результат: существующие процессы описаны и дополнены согласно требованиям FSSC 22000 последней версии, а также устранены технические несоответствия.

5. Обучение и внедрение на местах.

Ожидаемый результат: обученный персонал, успешное функционирование системы менеджмента в соответствии с требованиями FSSC 22000 версии 4.1.

6. Подготовка внутренних аудиторов.

Ожидаемый результат: сотрудники из подразделения, отвечающего за качество выпускаемой продукции, имеют необходимую компетенцию для проведения внутренних аудитов системы менеджмента сертифицированной в соответствии с FSSC 22000 последней версии.

7. Проведение серии внутренних аудитов.

Ожидаемый результат: выявлены несоответствия, препятствующие успешному прохождению сертификации, по выявленным несоответствиям разработаны и осуществлены корректирующие действия.

8. Сертификация системы менеджмента безопасности пищевой продукции.

Ожидаемый результат: проведен первичный аудит, составлен предварительный отчет с выявленными несоответствиями, проведен вторичный аудит сертифицирующего органа в присутствии наших экспертов, проведены корректирующие мероприятия по устранению несоответствий (если имеются), составлен отчет с указанием срока для проведения корректирующих мероприятий, проведены корректирующие действия по устранению несоответствий, проведен финальный аудит – положительное решение о

выдаче сертификата органом. Получен сертификат соответствия требованиям FSSC 22000 с занесением в международный реестр предприятия.

9. Занятие компанией устойчивых лидерских позиций на Вологодском рынке хлебобулочной продукции и выход на рынки других регионов России.

Ожидаемый результат: реализация продукции на рынках Вологодской области и других регионов РФ через крупные ретейлеры, широко представленные в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баданина И.А.* Техническое обеспечение производства предприятия «Славянский хлеб» как фактор качества продукции [Текст] / И.А. Баданина, А.С. Ермишин // Сборник трудов по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. Курган: Издво Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. С. 55-58.

2. Распоряжение Правительства РФ от 16.08.2018 № 1697-р (ред. от 20.11.2018) «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по развитию конкуренции в отраслях экономики Российской Федерации и переходу отдельных сфер естественных монополий из состояния естественной монополии в состояние конкурентного рынка на 2018-2020 годы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 15.03.2019.

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 15.03.2019.

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 738-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 15.03.2019.

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС» И ПРОБЛЕМЫ
ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

И.И. Барабанщикова, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается интегрированная система менеджмента нефтеперерабатывающего предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС» и проблемы, возникшие при ее проектировании. Также рассмотрены способы решения этих проблем. Дана рекомендация по внедрению системы менеджмента информационной безопасности, отвечающей требованиям стандарта ISO 27001.

***Ключевые слова:** ОАО «Славнефть-ЯНОС», интегрированная система менеджмента, система менеджмента информационной безопасности.*

**THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM
OF THE REFINERY JSC «SLAVNEFT-YANOS»
AND ITS DESIGN PROBLEMS**

I.I. Barabanshikova, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The integrated management system of the refinery JSC «Slavneft-YANOS» and the problems encountered in its design are considered. Also, ways to solve these problems are considered. The recommendation on the implementation of an information security management system that meets the requirements of ISO 27001 is given.

***Keywords:** JSC «Slavneft-YANOS», integrated management system, information security management systems.*

Сейчас в быстроменяющихся внешних условиях, организации должны не только соблюдать ряд законов, но применять также интегрированные системы менеджмента (далее ИСМ). ИСМ – это объединение двух и более систем менеджмента, работающих как единое целое. Благо-

даря этому цели, процессы и ресурсы могут достигаться наиболее результативно и эффективно.

Создание и внедрение ИСМ является сложным процессом, направленным на повышение эффективности общего менеджмента предприятия, поэтому нужно знать, что могут возникнуть некие сложности [1].

Целью данного исследования является изучение интегрированной системы менеджмента нефтеперерабатывающего предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС», проблемы ее проектирования и способы их решения и результативность ее внедрения.

ОАО «Славнефть-ЯНОС» был пущен в эксплуатацию в 1961 году. С 1995 года предприятие входит в состав вертикально-интегрированной нефтяной компании «Славнефть» и является одним из крупнейших предприятий России по производству продуктов нефтепереработки.

В настоящее время на предприятии действуют:

- система менеджмента качества ISO 9001,
- система экологического менеджмента ISO 14001;
- система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда OHSAS 18001;
- система энергетического менеджмента ISO 50001.

Схематично ИСМ предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС» представлена на рис. 1.

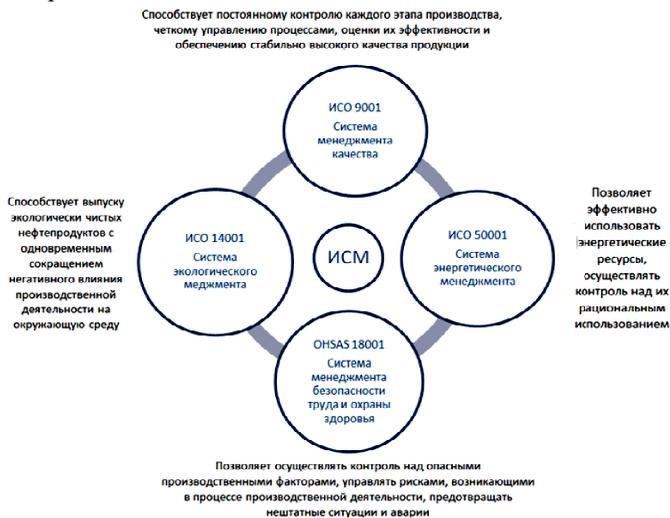


Рис. 1. Схема интегрированной системы менеджмента нефтеперерабатывающего предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС»

Целью внедрения интегрированной системы менеджмента на данном предприятии является обеспечение согласованности всех действий внутри организации. Этим можно добиться получения большей эффективности бизнес-процессов, а также производства высококачественной продукции, способной удовлетворить требования и ожидания заинтересованных сторон и обеспечить конкурентоспособность предприятия на внутреннем и внешнем рынках.

В результате анализа были выявлены две основные проблемы проектирования ИСМ на ОАО «Славнефть-ЯНОС»:

- необходимость в повышении квалификации персонала в соответствии с требованиями ИСМ;
- проблема неполной вовлеченности представителей СМК в подразделениях предприятия в проведение внутреннего аудита;
- также на подготовку к внутреннему аудиту уделяется мало времени.

Подготовке к внутренним проверкам уделяется всего 10 % времени от всего аудита. Поэтому в организации планируется увеличить время до 40 %. Таким образом, аудиторы смогут более тщательно анализировать документы, подготовить план аудита и распределить работу между членами группы по аудиту.

Проблему неполной вовлеченности можно решить во время формирования группы по аудиту. Если в процесс проведения аудита вовлекаются не все представители подразделений, значит, возможно, не все сотрудники обладают требуемой компетентностью. Для решения этой проблемы можно создать и проводить специальную программу по повышению квалификации сотрудников в области внутреннего аудита.

Также для решения первой из перечисленных проблем организация периодически проводит курсы по повышению квалификации персонала.

Также на ОАО «Славнефть-ЯНОС» внедрена интегрированная система управления предприятием SAPR/3. Поэтому предприятию можно порекомендовать внедрить систему менеджмента информационной безопасности, отвечающей требованиям стандарта ISO 27001. Соблюдение требований данного стандарта обеспечит организации сохранение конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Внедрение ИСМ на нефтеперерабатывающем предприятии позволило:

- поднять статус организации в глазах заинтересованных сторон;
- уменьшить затраты на сертификацию;
- создать единую структуру управления документацией, бизнес-процессами, внутренними аудитами;

– лучше приспосабливаться к меняющимся внешним и внутренним факторам;

– быстрее достигать поставленные цели [2].

Таким образом, в данной работе проведено исследование интегрированной системы менеджмента нефтеперерабатывающего предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС», обнаружены и исследованы проблемы, возникшие при ее проектировании, способы их решения, определена результативность от внедрения ИСМ. Также были даны рекомендации по разработке процедуры работы с поставщиками и по внедрению системы менеджмента информационной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жирнова Е.А.* Интегрированные системы менеджмента [Текст]: метод. указания к выполнению прак. работ для магистров напр. подготовки 27.04.02 «Стандартизация и метрология» / Е.А. Жирнова. Ч.1. Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та, 2016. 41 с.
2. Преимущество внедрения интегрированных систем менеджмента / Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017032626>. Дата обращения: 21.02.2019.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕЛЬФИ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

И.И. Барабанщикова, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются метод Дельфи, достоинства и недостатки данного метода и порядок его проведения. Приведены этапы отбора экспертов и новый критерий наличия гибких навыков для определения их компетентности.

***Ключевые слова:** особенности применения метода Дельфи, отбор экспертов, softskills.*

APPLICATION OF THE DELPHI METHOD IN MAKING MANAGEMENT DECISIONS

I.I. Barabanschikova, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The Delfi Method, merits and demerits of this method and order of its carrying out are considered. Stages of selection of experts and new criterion of existence of soft skills for determination of their competence are given.

***Keywords:** features of method Delphi, choice of experts, soft skills.*

Экспертные методы используются во многих областях науки и управления. Дельфи – метод для прогнозирования, который используется при отсутствии достоверных данных в исследуемых проблемах и задачах или когда возникшая проблема имеет несколько вариантов решений и не все уверены в этих решениях [1].

Одним из его достоинств является то, что осуществляется он при индивидуальном опросе экспертов, благодаря чему учитывается мнение каждого человека. Это способствует выработке независимого мышления и исключает проблемы, которые могут возникнуть при работе в группах, такие как конформизм, навязывание мнения активными членами группы менее активным и выделение авторитетных членов в группе.

Конечно, данный метод имеет и недостатки. На его организацию и на проведение самих опросов требуется много времени. Также данный метод более эффективен при использовании большого количества экспертов, а не маленького. Аналитики часто отбрасывают нестандартные предложения, хотя они могут помочь решить поставленную задачу [2].

Перед проведением работ по экспертизе создается рабочая группа, которая определяет состав экспертов. При выборе эксперта ориентируются на его компетентность, креативность, конструктивность мышления, заинтересованность в своем деле и в проблеме, самокритичность, наличие времени для работы в экспертной группе.

Для определения экспертной группы разрабатывается анкета для определения компетентности экспертов. На первом этапе руководитель группы выбирает наиболее информативные вопросы и создает шкалу оценок. Есть три вида таких шкал:

- шкала «да-нет»;
- ранговая шкала (упорядочивание совокупности объектов по убыванию);
- балльная шкала.

На втором этапе уточняется содержание анкеты с учетом численной информативности вопросов, которые в ней содержатся.

После проведения анкетирования выбираются наиболее компетентные эксперты путем расчета степени близости их мнений. В качестве примера можно привести следующую формулу (1).

$$S_{ij} = \frac{2m_{ij}}{n_i \log_2\left(1 + \frac{n_j}{n_i}\right) + n_j \log_2\left(1 + \frac{n_i}{n_j}\right)}, \quad (1)$$

где S_{ij} – мера совпадения мнений i -го и j -го экспертов;

m_{ij} – количество факторов, одинаково оцениваемых i -м и j -м экспертами;

n_i и n_j – количество факторов, оцениваемых i -м и j -м экспертами.

Сумма $\sum_{j=1}^n S_{ij}$ рассматривается как показатель i -го эксперта, где $0 \leq S_{ij} \leq 1$.

Данным способом можно определить относительную оценку мнений. Оценка информативности анкеты определяется как среднее значение всех оценок информативности ответов экспертов [1].

Простым способом оценки компетентности экспертов является оценка компетентности по эталону. Для этого выбирается 10-балльная

или 100-балльная шкала оценок. Пример шкалы оценки компетентности экспертов указан на рис. 1.

Степень компетентности	Баллы
Высокая	10
Достаточная	8
Удовлетворительная	5
Низкая	2

Рис. 1. Пример шкалы оценок компетентности экспертов [1]

Далее рабочая группа определяет задачи, которую необходимо решить и ознакомит с ней экспертов, а аналитиками составляется анкета для решения проблемы и определяется шкала оценок для экспертов. После определяется порядок проведения экспертизы, показателей компетентности оценок и метода обработки результатов.

Опросы экспертов по составленным анкетам проводятся в несколько туров. Эксперты дают конкретные оценки альтернатив, предназначенные для корректировки анкет. Такие опросы проводятся до тех пор, пока не будут получены удовлетворительные значения показателей компетентности оценок.

Во время обработки результатов опроса учитываются степень конкретной компетентности экспертов, их психологические особенности выработки индивидуальных оценок, социальный и статистический характеры процесса экспертизы. И на основе общей оценки, аналитики могут предложить план действия для решения поставленной задачи. Схема процесса проведения метода Дельфи представлена на рис. 2.

Обычно, при определении компетентности эксперта учитывают его уровень образования, опыт работы, ученую степень и должность, информацию и научных публикациях и исследованиях, о повышении квалификации, знание языков. Но в настоящее время существует такое понятие как softskills (гибкие навыки). Поэтому, помимо подобных опросов можно давать экспертам решить небольшие кейсы, связанные с деятельностью организации. Это могут быть выдуманные задачи или конкретные проблемы, которые когда-либо возникали в процессе работы. Таким образом, можно определить обладает ли эксперт гибкими навыками, а именно интуицией, креативностью, критическим, нестандартным и логическим мышлением, экологическим, тактическим и стратегическим мышлением, способностями давать комплексные решения проблем, гибкостью ума, навыками бережливого производства.

Применение подобных навыков позволяет находить правильные и конкретные пути решения проблемы. В перечисленных ранее критериях уже указана часть гибких навыков, но в настоящее время их не достаточ-

но для принятия управленческих решений. Поэтому список softskills нужно расширять, а экспертов отбирать по новым критериям. Также, при учете таких навыков, можно исключить один из перечисленных недостатков метода, а именно отбрасывание аналитиками нестандартных решений.

Несмотря на то, что метод Дельфи удобен и исключает, как говорилось выше, многие проблемы, которые возникают при групповых обсуждениях и решениях проблем, в России он не распространен, так как нет специалистов, которые могли бы его внедрить и организовывать и отсутствует нормативная база. Он применяется в основном на западных предприятиях для стратегического планирования.

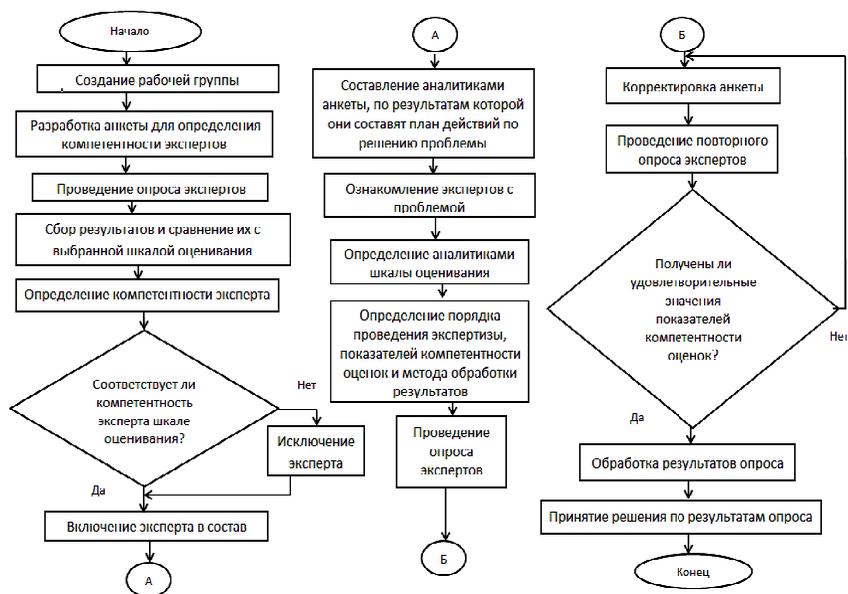


Рис. 2. Процесс проведения метода Дельфи

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартемьянов Ю.Ф. Экспертные методы принятия решений [Текст] / Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2016. 79 с.
2. Орлов А.И. Менеджмент [Текст]: учебник / А.И. Орлов. М: Изд-во «Изумруд», 2003. 298 с.

СТРАТЕГИЯ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

И.И. Барabanщикова, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются стратегии внедрения CALS-технологий на российских предприятиях и эффективность от их использования. Разработана общая стратегия развития CALSu представлен вариант структуры взаимосвязи информационных систем.

Ключевые слова: стратегии внедрения CALS-технологий, CALS-технологии в России, эффективность от внедрения CALS-технологий.

THE STRATEGY OF CALS TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION AT THE RUSSIAN ENTERPRISES

I.I. Barabanschikova, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The strategy of implementing CALS technologies in Russian enterprises and the effectiveness of their use are considered. The common strategy for the development of CALS and a version of the structure of the relationship of information systems are presented.

Keywords: strategy of implementation of CALS technologies, CALS technologies in Russia, effectiveness of implementation of CALS technologies.

Современные промышленные информационные технологии базируются на концепции единого информационного пространства промышленного предприятия. По-другому эта концепция называется CALS-технология. Она позволяет предприятиям укрепить свою позицию на международной арене и повысить эффективность создания продукции и услуг. Назначение CALS-технологий – обеспечивать представление не-

обходимой информации в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте любому пользователю на всех этапах жизненного цикла изделия.

Внедрение CALS-систем оказывают влияние на экономические показатели компаний, а именно: сокращение затрат на ремонт и обслуживание, трудоемкости процессов, выпуска брака, увеличение объемов продаж изделий, которые имеют электронную техническую документацию, а также помощь в освоении и изготовлении новой продукции. Поэтому внедрение и использование данных технологий, а также создание и ведение нормативной документации актуально, требует комплексной проработки и поддержки государства [1].

В целом, чтобы внедрить CALS-технологии на предприятиях, нужно сначала определить структуру интегрированной модели изделия. Затем выбрать PDM-систему. Далее определить структуру и взаимосвязи систем предприятия. И последним этапом разработать план интеграции операции информационного процесса.

Если предприятие ограничено во временных и финансовых ресурсах, то процесс внедрения можно разбить на отдельные этапы и для каждого из этапов сформулировать свою задачу оптимизации состава операций, которые должны быть интегрированы.

Можно рассмотреть стратегию внедрения CALS-технологии в конструкторском бюро приборостроения (КБП) г. Тула. На АВПК «Сухой» стратегия внедрения технологий следующая:

- внедрение CAD/CAM/CAE систем. Базовой системой автоматизированного проектирования является UNIGRAPHICS. Обмен информацией осуществляется с помощью электронных носителей. Расширение рабочих мест планируется проводить за счёт системы UNIGRAPHICS и системы автоматизированного проектирования среднего уровня Solid Edge;

- внедрение PDM-систем. В качестве базовой PDM-системы на предприятии АВПК используется система управления инженерными данными IMAN;

- внедрение интегрированной системы управления предприятием.

На сегодняшний день в России предлагается ряд ERP-систем, а именно BAAN и SAP R3. Цель внедрения систем заключается в решении задач упрочнения своего положения на рынке, расширения экспорта, повышения конкурентоспособности продукции и предприятия в целом.

Учитывая то, что сказано ранее, можно составить общую стратегию внедрения CALS-технологий. Она будет включать следующие этапы:

- первым делом нужно создать структуру интегрированной модели изделия;

- во-вторых, определиться с выбором CAD/CAM/CAE систем;

Данные системы в интеграции друг с другом позволяют сократить время на проектирование и конструирование будущего изделия.

- в-третьих, выбрать PDM-систему.

По мнению отечественных специалистов, эффективность от использования PDM системы достигается за счет уменьшения:

- сроков вывода продукции на рынок до 75%;
- затрат на проектирование продукции до 30%;
- доли брака и объема конструктивных изменений до 70%;
- расходов на подготовку документации до 30-40 %.

Помимо этого PDM-система улучшает коммуникации и взаимодействие между различными группами сотрудников и формирует на предприятии основу для организации и реорганизации процесса проектирования и производства изделия и внедрения инноваций. Поэтому все сотрудники организации, даже те, которые, в принципе, не участвуют в производстве продукции, могут вносить вклад в ее проектирование и конструирование.

Также можно создать общую базу данных, в которых будут храниться информация обо всех бизнес-процессах организации, т.е. их описание, показатели этих процессов и их числовые значения. Таким образом, у всех заинтересованных в процессе производства подразделений будет доступ не только к процессу жизненного цикла конкретного изделия, а ко всей работе организации в целом. Так сотрудники сами смогут отслеживать и контролировать результаты работы предприятия и своей деятельности на всех стадиях создания изделий. Это поможет повысить эффективность бизнес-процессов, мотивацию и самоорганизацию персонала, стремление постоянного улучшения и, соответственно, конкурентоспособность организации.

- в-четвертых, внедрить интегрированную систему управления предприятием. Обычно рекомендуют внедрять SAP-систему. Эффективность за счет использования данной системы достигается за счет показателей:

- увеличение оборачиваемости средств на расчетах и материальных запасов на 25-30 %;
- улучшение утилизации основных фондов на 30%;
- уменьшение операционных и управленческих задач на 15 %;
- уменьшение коммерческих задач на 35 %;
- уменьшение цикла реализации продукции на 25 %;
- уменьшение дебиторской задолженности на 12 %.

Кроме этого внедрить SCM-систему (систему управления цепями поставок), CRM-систему (систему управление взаимоотношениями с заказчиком) и SCADA –систему (диспетчерское управление производственными процессами).

– в-пятых, определить структуру взаимосвязи систем организации. Вариант такой структуры представлен на рис. 1.

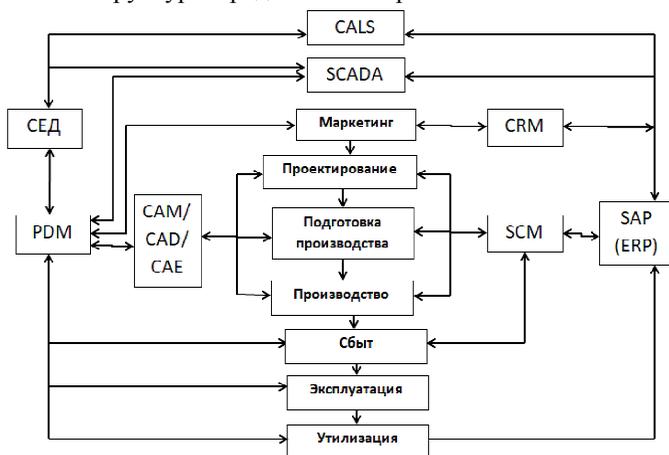


Рис. 1. Вариант структуры взаимосвязи информационных систем

– в-шестых, перевести всю конструкторскую и нормативную документацию в электронный вид, а также разработать нормативную базу по использованию и управлению информационными системами. Для этого следует внедрить СЕД-систему (электронный документооборот) [2].

CALS-технологии требуют проработки и тщательной разработки стратегии внедрения, так как это гарантирует предприятиям повышение их конкурентоспособности и прибыли, эффективное ведение электронной информации и документов, улучшение экономических показателей, уменьшение времени на разработку продукции и выпуск ее на рынок, а также упрощение производства продукции и предоставления услуг и повышение их качества [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доросинский Л.Г. CALS-технологии [Текст] / Л.Г. Доросинский, О.М.Зверева. М.: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 269 с.
2. Юрчик П.Ф. WEB и CALS-технологий на предприятиях [Текст] / П.Ф. Юрчик, В.Б. Голубкова. М.: Изд-во МАДИ, 2018. 212 с.
3. Развитие современных информационных CALS-технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/2016/razvitie-sovremennyh-informacionnyh-cals-tehnologiy/>. Дата обращения: 18.01.2019.

**ВСТРАИВАЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
С УЧЁТОМ «ИНДУСТРИИ 4.0»**

А.И. Белякова, Т.А. Сычева, А.Н. Буланов

Научный руководитель – **А.Н. Буланов**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается промышленная концепция «Индустрия 4.0», её принципы, возможности для улучшения инструментов качества, а вследствие и качества продукции.

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-принтер, конструктивные возможности, жизненный цикл продукции.*

**BUILT-IN QUALITY CONTROL INSTRUMENTS
AT ENTERPRISES TAKING
INTO ACCOUNT «INDUSTRY 4.0»**

A.I. Belyakova, T.A. Sycheva, A.N. Bulanov

Scientific Supervisor – **A.N. Bulanov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The industrial concept «Industry 4.0», its principles, opportunities for improving the quality tools, and, as a result, product quality, are considered.

***Keywords:** additive technologies, 3D printer, design capabilities, product life cycle.*

Промышленная концепция «Индустрия 4.0» – это глобальная, сложная, многоуровневая организационно-техническая система, которая основана на интеграции в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов состоящая из 6 подсистем: PLM, Big Data, Smart Factory, Cyber-physical systems, Internet of Things, Interoperability, позволяющих создать эффективную бизнес-модель предприятия [1].

Сегодня, если тема посвящена промышленным технологиям, то конечно говорят об аддитивных технологиях, функциях 3D принтеров.

В данной статье рассмотрим всем давно известный инструмент бережливое производство, и какие улучшения приобрёл этот инструмент в настоящее время благодаря 3D технологиям.

Оптимизация производственной деятельности, концепция «точно в срок» – все эти подходы помогали устранять ненужное и бороться с неэффективностью производственных и сборочных линий в течение, по крайней мере, последних двух десятилетий. Но может ли бережливое производство дать нам ещё что-то или возможности для улучшения исчерпаны?

Бережливое производство научило нас обдумывать то, как мы производим продукт. Так не должен ли следующий шаг заключаться в том, чтобы пересмотреть то, как мы производим то, с помощью чего мы производим продукт? Возможность для улучшений находится внутри множества производственных инструментов, которые часто создаются в сжатые сроки и для отдельных деталей и задач [2].

Итак, следующий этап в применении принципов бережливого производства – улучшение инструментов и приспособлений, улучшение их конструкции и способа изготовления. Кроме того, следует заняться временем, которое тратится на перенастройку и наладку, ликвидацию простоя и т.д.

Аддитивное производство может существенно расширить эти конструктивные возможности – если предприятие имеет высококвалифицированных специалистов в этой сфере, то внедрение, несомненно, принесёт практические результаты.

Аддитивное производство позволяет: значительно сократить время выполнения заказа на инструменты и приспособления; улучшить исполнение детали путем расширения функциональных возможностей; добиться большей точности; сократить расходы; заменить физические материально-производственные запасы на цифровые.

С каждым новым инструментом или приспособлением вы начинаете все больше мыслить с точки зрения 3D-печати, процесс становится проще и быстрее; резко сократится стоимость и предполагаемый риск, связанный с тем, что вводятся новые методы. В те времена, когда конкуренция между производителями становятся все более жесткой, аддитивное производство может открыть новый потенциал вашей линии. Это новый подход к бережливому производству.

Следует правильно выбирать детали, которые могут быть изготовлены с помощью аддитивных методов, для этого нужно смотреть не на деталь, а на линию производства.

Возможности аддитивного производства с точки зрения методов, материалов и конструкции постоянно развиваются. Однако следующие общие возможности 3D-печати обычно имеют место: легкие и сложные конструкции; интегрированная функциональность; функциональные поверхности с текстурами.

Все эти детали демонстрируют, что преимущества аддитивного производства выходят далеко за рамки ускорения или удешевления производства деталей – вы можете сделать их лучше и повысить производительность линии.

Ниже выделим проблемы, о которых можно забыть благодаря автоматизации контроля качества.

В силу ряда причин роль специалистов по контролю качества в последние годы изменилась. Прежде всего, сегодня им приходится проверять все более сложные детали, которые часто отличаются произвольными формами и различными видами отделки. В то же время, эти детали со сложной геометрией и отделкой уже не могут похвастаться тем, что их проверяют в «тиши» метрологической лаборатории.

Произошедшие за последнее время перемены привели к тому, что контроль качества сместился на уровень производства, и функции контроля качества все чаще возлагаются на операторов производственных линий, которые, как правило, не имеют достаточного опыта и знаний в области метрологии. Более того, когда эти операторы все же приобретают необходимые знания и навыки использования автоматизированного контрольного оборудования, их часто переводят на другую, более высокую должность.

Поскольку процесс контроля качества теперь осуществляется на производстве и не оказывая влияния на темпы производства. Кроме того, контроль должен приводиться в соответствие со скоростью производства. Провести измерение всех необходимых параметров детали – таких, как размер отверстий, положение точек и величина углов – с высокой степенью точности и, не влияя на темпы производства, стало практически невозможно. Тем, кто берет на себя смелость это сделать, приходится вступать в конфликт с директором производства, который хочет, как можно скорее отправить готовую продукцию потребителям.

Как же нам решить это сложное уравнение автоматизированного контроля качества в современных условиях Индустрии 4.0, когда процедуры контроля качества перешли на уровень производства? Как нам найти баланс между тщательным контролем качества деталей со сложной геометрией и отделкой и проверкой этих деталей менее квалифицированными операторами производственных линий? Существует ли какой-либо способ сохранить высокий уровень контроля качества и в то же время

проводить этот контроль достаточно быстро, чтобы не отставать от темпов производства.

Так есть ли выход? Роботизированный 3D-сканер ручной 3D-сканер HandySCAN 3D + робот: гибкое решение для автономного контроля детали при изготовлении на конвейере. Как оказывается, есть! Это решение позволяет по-прежнему обеспечивать контроль качества на самом современном уровне, не вступая в противоречие с производственным отделом. Во-первых, следует отметить, что сегодня уже не нужно обеспечивать точность на уровне микрометров. Уменьшая излишне высокую степень точности и тем самым – объем контроля производимых деталей, мы выигрываем в скорости выполнения работ. Во-вторых, контроль качества проводится персоналом, который имеет навыки использования достаточно простого в освоении и использовании производственного оборудования. Однако инструменты для контроля качества должны обеспечивать проверку деталей со сложной геометрией и отделкой, и потому, даже будучи простыми и удобными в использовании, они должны выполнять подробный анализ на основе большого объема данных. Именно здесь в игру вступает технология автоматизированного лазерного 3D-сканирования. Она предлагает перечисленные ниже востребованные преимущества, в то же время, позволяя избежать тех потенциальных проблем, которые мы хотели бы обойти.

Итак, начиная с небольшого, но важного нововведения, можно существенно сократить препятствия для инноваций в области производства и начать двигаться в сторону повышения производительности и гибкости целой линии.

Основными принципами «Индустрии 4.0» является интеграция всех этапов жизненного цикла в единое информационное пространство и взаимодействие машин без участия человека. Главная роль человека в «Индустрии 4.0» заключается в разработке алгоритмов и обучении машин методом программирования.

Индустрия 5.0 будет базироваться на самообучении машин, копировании действий человека или других роботов и автоматической оптимизации алгоритмов производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «6 составляющих Industry 4.0» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plm.pw/2016/09/The-6-Factors-of-Industry-4.0.html>. Дата обращения: 01.03.2019.
2. Брошюра «Как использовать 3D-печать для оптимизации вашей производственной линии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iqb-tech.ru/>. Дата обращения: 01.03.2019.

**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ПРОЦЕССА «ОЦЕНКА УДОВ-
ЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРОДУКЦИЕЙ» (НА
ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «Р-
ФАРМ» В ГОРОДЕ РОСТОВ «ЗАВОД АКТИВНЫХ ФАРМА-
ЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ «ФАРМОСЛАВЛЬ»)**

С.В. Дулова, Е.М. Шастина

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются вопросы, связанные с оценкой удовлетворенности потребителей продукции, а также необходимость разработки и внедрения процедуры оценки удовлетворенности потребителей продукцией на заводе активных фармацевтических субстанций «Фармославль».

***Ключевые слова:** удовлетворенность потребителя, оценка, контроль, качество, GMP – надлежащая производственная практика.*

**PROCEDURE OF THE PROCESS «EVALUATION OF CON-
SUMER SATISFACTION WITH PRODUCTS» DEVELOPMENT
(ON THE EXAMPLE OF BRANCH OF JOINT-STOCK COM-
PANIES «R-PHARM» IN ROSTOV CITY, YAROSLAVL RE-
GION «PLANT OF ACTIVE PHARMACEUTICAL INGREDI-
ENTS «FARMOSLAVL»)**

S.V. Dulova, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses assessment of satisfaction of consumers and the development and implementation of procedures for the assessment of customer satisfaction products factory active pharmaceutical ingredients «Farmoslavl».

***Keywords:** customer satisfaction, evaluation, control, quality, GMP – good manufacturing practice.*

На современном рынке удовлетворенность потребителей играет важную роль в достижении успеха организацией. Именно потребитель

выбирает, какой товар ему необходим или, чьими услугами будет выгоднее всего воспользоваться. Поэтому для своевременного и полного удовлетворения требований потребителей необходимо проводить мониторинг и изменение степени удовлетворенности потребителей.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» удовлетворенность потребителя есть не что иное, как «восприятие потребителем степени выполнения его ожидания» [1]. Весь перечень ожиданий потребителя не всегда может быть известен организации, до тех пор, пока продукция не будет ему поставлена. Но главным для потребителя всегда остается высокое качество приобретаемого продукта.

В настоящее время объем потребления лекарственных препаратов, производимых в Российской Федерации, составляет не более 20 процентов рынка в денежном выражении и не более 65 процентов в натуральном. Фармацевтическая промышленность является одной из важных составных частей системы здравоохранения во всем мире. Она включает в себя многочисленные общественные и частные организации, которые проводят исследования, осуществляют разработку, производят и продают медикаменты для лечения людей и животных. Фармацевтическая промышленность основана, в первую очередь, на научных исследованиях и разработках, связанных с лекарствами и активными фармацевтическими субстанциями, являющимися веществом для производства и изготовления лекарственных препаратов.

Контроль качества в системе GMP-производства – это лишь один из элементов фармацевтической системы качества предприятия, необходимый для проверки соответствия сырья, материалов, полупродуктов и готовых лекарственных средств требованиям спецификации.

Потребители лекарств не всегда удовлетворены их качеством и уровнем фармацевтических услуг. Это происходит из-за завышенного ожидания по поводу эффективности препаратов или несоответствующим качеством лекарств как продуктов (вплоть до продажи фальсифицированных лекарств).

Таким образом, соблюдение правил GMP (Надлежащей производственной практики) фармацевтической организацией гарантирует ей и потребителям то, что изготовленные препараты, соответствуют своей спецификации и частично обеспечивают безопасность лекарственных средств – предотвращая их возможные загрязнения другими продуктами и веществами, исключая нерегламентированные примеси и продукты разложения.

Одним из предприятий, на которых поддерживается фармацевтическая система качества в соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России от 14.06.2013 № 916 «Об утверждении Правил надле-

жащей производственной практики» (в соответствии с действующей версией) [2] является АО «Р-Фарм», имеющий филиал в г. Ростов «Завод активных фармацевтических субстанций «Фармославль».

Основой политики предприятия является производство эффективных, безопасных лекарственных средств, отвечающих требованиям государственных стандартов качества. Предприятие «Фармославль» занимается производством оригинальных высокотехнологических фармацевтических субстанций. В качестве стартовых продуктов определены следующие: АФС Атазанавир, АФС Дарунавир, АФС Бикалутамид.

На предприятии организовано множество отделов и подразделений, которые в совокупности стремятся к выпуску качественных, безопасных и эффективных лекарственных средств нового поколения, используемых для лечения социально значимых заболеваний.

Так как Завод «Фармославль» был запущен сравнительно недавно, для него еще происходит разработка некоторых процессов, одним из которых является оценка удовлетворенности потребителей продукции.

Для оценки удовлетворенности потребителей на предприятии необходимо разработать процесс и внедрить процедуру, основанную на сравнении ожиданий требований потребителей и того, что поставляет организация. Для этого определяются основные ожидания потребителей от данного вида продукции. Степень, с которой производимая и реализуемая продукция будет удовлетворять или превосходить ожидания потребителей, и определяет их удовлетворенность.

Для внедрения и использования данной процедуры, необходимо проводить на предприятии следующие мероприятия в запланированные промежутки времени:

- анализ поступивших обращений, претензий, рекламаций от потребителей;
- анализ поступивших заявок и исполнения заключенных договоров на поставку;
- оценка изменения объема продаж в сравнении с прошлым периодом в сопоставимых ценах;
- анализ иных данных, которые могут быть получены в результате обратной связи с потребителями.

По результатам этой оценки должно приниматься решение о необходимости корректирующих и предупреждающих действий для повышения удовлетворенности потребителей.

Помимо этого процесс оценки удовлетворенности потребителей на Заводе «Фармославль» включает в себя обзор всех возвратов и отзывов, связанных с качеством продукции. Поэтому для управления процессом были разработаны процедуры управления отзывами продукцией и управления возвращенной продукцией на предприятие.

Процедура отзыва должна определять: кто должен принимать участие в оценке информации, как необходимо начинать процедуру отзыва, кто должен быть проинформирован об отзыве и как необходимо поступать с отозванным материалом. После проведения данной процедуры производителю необходимо принять решение о ее дальнейшем использовании или уничтожении. В случае если продукцию не обязательно уничтожать, а можно использовать в дальнейшем, то обращаются к процедуре управления возвращенной продукцией.

Таким образом, результаты, полученные во время оценки удовлетворенности потребителей фармацевтической субстанцией, помогут определить уровень конкурентоспособности продукции и факторы, влияющие на ее рост, а также оценить эффективность работы всего предприятия Завод активных фармацевтических субстанций «Фармославль».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 53 с.
2. Приказ Минпромторга России от 14.06.2013 № 916 (ред. от 18.12.2015) «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики» (Зарегистрировано в Минюсте России 10.09.2013 № 29938) [Текст]. Введ. 2013-06-14. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 178 с.

РОЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ

А.Н. Калишаускайте, Д.С. Коршунова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы, связанные с идентификацией продукции, показано сравнение показателей качества продукции, указанных на упаковке, с показателями, выявленными в ходе экспертизы.

Ключевые слова: идентификационная экспертиза, молочный шоколад, экспертиза качества, органолептические показатели, физико-химические показатели качества продукции.

THE ROLE OF IDENTIFICATION EXAMINATION IN EVALUATING THE PRODUCT CONFORMITY DEGREE

A.N. Kalishauskaite, D.S. Korshunova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The problems associated with the identification of the product, compares the parameters specified on the package, with the indicators identified in the course of examination are considered.

Keywords: identification examination, milk chocolate, quality examination, organoleptic indicators, physical and chemical indicators of product quality.

Качество продукции является одним из критериальных факторов эффективной экономической деятельности любого предприятия и организации. Под понятием «качество» понимается совокупность свойств и характеристик продукции и услуг, которые удовлетворяют обусловленным или предполагаемым потребностям человека. Поэтому вопросы реализации идентификационной экспертизы достаточно актуальны, т.к. существует значительная товарная номенклатура продукции.

Идентификационная экспертиза продукции является основополагающей при оценке, экспертизе качества и процедуре подтверждения соответствия. *Целью исследования* является реализация идентификационной экспертизы при оценке степени соответствия продукции заявленным производителями требованиям.

В исследовании рассматривалось 3 образца молочного шоколада торговых марок «Алёнка», «Alpen Gold» и «Dove». Потребительские требования к качеству шоколада регламентируются нормативно-технической документацией для шоколада и кондитерских изделий [1].

Проведен сравнительный анализ информации, представленной на упаковках каждого объекта, с независимыми данными результатов экспертизы Роскачества [2]. Результаты показаны в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение органолептических и физико-химических показателей

Показатели качества	«Алёнка»	«Alpen Gold»	«Dove»			
<i>Органолептические показатели</i>						
Вкус и запах	Свойственные для данного типа шоколада, без постороннего привкуса и запаха					
Внешний вид	Лицевая поверхность с рисунком, блестящая, без поседения и зараженности вредителями					
Консистенция	Твердая					
Форма	Прямоугольная, без деформации					
Структура	Однородная					
<i>Физико-химические показатели</i>						
Показатели качества	Упаковка	Экспертиза	Упаковка	Экспертиза	Упаковка	Экспертиза
Общий сухой остаток какао, %	Не менее 29,8	37,7±0,5	Не менее 25	28,8±0,5	Не менее 26	27,5±0,5
Сухой обезжиренный остаток какао, %	Не менее 5,7	7,1±0,5	Не менее 3	6,5±0,5	Не менее 4	5,1±0,5
Сухой молочный остаток, %	Не менее 16,3	15,7±0,7	Не менее 20	19,1±0,7	Не менее 28	26,6±0,7
Молочный жир, %	Не менее 5,5	4,3±0,6	Не менее 5	5,5±0,6	Не менее 7	7,9±0,6

В нашем случае все 3 образца молочного шоколада полностью соответствуют нормам по органолептическим показателям. По физико-химическим показателям можно констатировать следующие факты:

- молочный шоколад торговой марки «Алёнка» имеет недостаточную концентрацию молочного жира;

- в ходе экспертизы выяснилось, что производители молочного шоколада торговых марок «Alpen Gold» и «Dove» неверно указали содержание сухого молочного остатка, который оказался ниже, чем заявлен на упаковке.

В целом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что все образцы по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия» и могут реализовываться без ограничений с соблюдением правил хранения и транспортирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31721-2012 Шоколад. Общие технические условия [Текст]. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2013. 8 с.
2. Официальный сайт Российской системы качества / Научно-исследовательский портал «Роскачество» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roskachestvo.gov.ru/>. Дата обращения: 16.03.2019.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТОВАРОВ И УСЛУГ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ю.В. Канина, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается проблема разработки методологии оценки удовлетворенности потребителей продукции и услуг в многопрофильной организации для обеспечения эффективного взаимодействия компании с потребителями.

Ключевые слова: оценка удовлетворенности, потребитель, многопрофильная организация, услуги.

PROBLEMS OF ESTIMATION OF CONSUMERS SATISFACTION OF GOODS AND SERVICES OF A DIVERSIFIED ORGANIZATION

Yu.V. Kanina, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the problem of developing a methodology for assessing customer satisfaction of products and services in a multi-disciplinary organization to ensure effective interaction between the company and consumers.

Keywords: satisfaction assessment, consumer, multi-profile organization, services.

Данная тема актуальна тем, что именно клиентоориентированный подход в управлении организациями различных сфер деятельности на сегодняшний день имеет большую важность. Согласно данному подходу, повышение уровня удовлетворенности потребителей – это важная стратегическая цель менеджмента.

Цель работы: совершенствование используемого метода оценки уровня удовлетворенности потребителей предлагаемыми товарами услугами в многопрофильной организации.

Для осуществления успешной деятельности организации на рынке ей, прежде всего, необходимо установить прочные и долгосрочные отношения с потребителями, а также привлечь и удержать максимальное их число. Удовлетворенные качеством предоставляемых услуг потребители – залог финансового успеха для компании. Поэтому для своевременного и полного удовлетворения требований потребителей необходимо проводить мониторинг и изменение степени удовлетворенности потребителей [1].

Удовлетворенность потребителя – количественная оценка степени удовлетворенности клиента продуктом, услугой или опытом.

От сферы деятельности компании зависит, какие критерии будут использоваться при оценке уровня удовлетворенности, и какие особенности сервисного обслуживания оказывают наибольшее влияние. В многопрофильных же организациях единая методика оценки не подходит, так как услуги относятся к разным сферам, что вызывает определенные трудности. Многопрофильная компания – это структура, состоящая из группы организаций, объединенных с целью получения экономического результата, но имеющих разные задачи по ее достижению в рамках общего собственного капитала.

В ходе процесса оценки удовлетворенности потребителей многопрофильных организаций чаще всего возникают следующие проблемы:

- сложность обработки полученных данных;
- большая продолжительность обработки результатов оценки;
- отсутствие методики оценки уровня удовлетворенности;
- каждый потребитель имеет свои индивидуальные запросы при заказе;
- оценка степени удовлетворенности по определенному критерию не является общей оценкой воспринятого качества услуг компании;
- степень удовлетворенности потребителей с течением времени может меняться по определенным причинам (изменение запросов, новые требования и пожелания);

Одним из примеров многопрофильной организации является компания «Эктив Телеком», специализирующаяся на разработке, управлении и внедрении комплексных проектов в области инфокоммуникационных технологий для традиционных, ведомственных, корпоративных и независимых операторов связи и крупных корпоративных клиентов, создании новых и модернизации существующих систем автоматизированного управления нефтедобывающих предприятий, объектов магистрального нефтепровода, продуктопровода и газопровода, объектов хранения нефти и нефтепродуктов.

«Эктив Телеком» оказывает весь комплекс проектных услуг – от предпроектного обследования, разработки технических заданий до управления проектом, поставки оборудования, монтажа и проведения приемо-сдаточных испытаний и сдачи в эксплуатацию [2].

В качестве поведенческих реакций потребителей главными элементами можно рассматривать следующие: лояльность потребителей (приверженность к организации); рекомендации (готовность потребителя посоветовать организацию); осуществление повторного обращения в организацию; советы по улучшению качества предоставления услуг организации (действия, направленные на изменения существующих методов контроля качества услуги); жалобы, претензии (требования, связанные с нарушением интересов и требований потребителей); уход клиента (потеря потребителя по каким-либо причинам) [3].

Для оценки удовлетворенности потребителей в данной организации можно внедрить процедуру, основанную на сравнении ожиданий потребителей и тем, что предоставляет компания. Для этого необходимо определить, каковы основные ожидания у потребителей от предоставляемых услуг. Степень, с которой предоставляемая услуга будет удовлетворять или превосходить ожидания потребителей, и определяет их удовлетворенность.

Для осуществления такой процедуры в организации необходимо:

- провести анализ мнений поставщиков продукции и партнеров;
- осуществлять обратную связь с поставщиками в соответствии с политикой в области закупок организации;
- провести анализ поступивших жалоб и претензий от потребителей;
- провести анализ поступивших заявок на предоставление услуг организации;
- проанализировать уже имеющиеся договоры организации с потребителями;
- провести оценку объема выполненных работ по сравнению с предыдущими периодами с учетом изменения ценовой политики;
- разграничить различные сферы деятельности компании и с учетом специфики товара или предоставляемой услуги разработать показатели для оценки уровня удовлетворенности.

По результатам оценки можно принять решение о необходимости корректирующих и предупреждающих действий для повышения удовлетворенности потребителя организации.

Таким образом, разработка новой методики в многопрофильной организации поможет улучшить деятельность компании и поднять ее имидж на рынке, а результаты, полученные в ходе проведения оценки

уровня удовлетворенности потребителей помогут определить степень конкурентоспособности и эффективность работы всей компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление организацией [Текст] / Под ред. А.Г. Поршнева, З.П. Румянцевой, Н.А. Саломатина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 1998. 669 с.
2. Официальный сайт компании «Актив Телеком» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.activetelecom.ru/>. Дата обращения: 15.03.2019.
3. *Ламбен Ж.-Ж.* Стратегический маркетинг. Европейская перспектива [Текст] / Ж.-Ж. Ламбен / Пер. с французского. СПб.: Наука, 1996. 589 с.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

А.Н. Ковалёва, Е.К. Маркова, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются виды и методы применения 3D-сканеров в области обеспечения единства измерений.

***Ключевые слова:** 3D-сканер, трёхмерная метрическая модель, процесс проектирования, обеспечение единства измерений.*

THE USE OF 3D SCANNING IN THE FIELD OF ASSURANCE OF UNIFORMITY OF MEASUREMENTS

A.N. Kovaleva, E.K. Markova, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The types and methods of application of 3D scanners in the field of assurance the uniformity of measurements are considered.

***Keywords:** 3D scanner, three-dimensional metric model, design process, ensuring the uniformity of measurements.*

На сегодняшний день темпы развития такого направления, как 3D-сканирование в области обеспечения единства измерений набирают всё большие обороты. Традиционные инструменты метрологического контроля не обладают достаточной точностью для проведения сложных измерений и характеризуются субъективностью показаний, тогда как оптические системы контроля, к которым относятся 3D-сканеры, позволяют упростить подтверждение соответствия продукции и конструкторско-технологическую документацию. Работа с 3D-сканером не требует определённых навыков, но позволяет быстро провести анализ физического объекта и создать его точную компьютерную 3D-модель. Требования к выполнению электронной геометрической модели изделия мы можем

найти в ГОСТ 2.052-2015 «Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения» [1]. Полученная сканером трёхмерная метрическая модель даёт возможность провести контроль геометрии с эталонной моделью, обнаружить дефекты конструкций, в том числе и в их документации, провести анализ параметров объектов.

Точность, скорость, надёжность и простота такого вида метрологического контроля делают его наиболее оптимальным среди других видов контроля в области обеспечения единства измерения. Многие предприятия России переходят на использование 3D-сканирование для повышения эффективности метрологического контроля в процессе работы. Компания IQV Technologies провела исследование среди более 100 автопроизводителей, работающих на российском рынке, и выяснила, что 37% применяют 3D-сканирование, а 32% планируют его внедрить [2].

В сравнение с традиционными методами контроля 3D-сканирование позволяет экономить массу времени. Для обработки одной детали первые три пункта рис. 1 выполняются вручную, а отчет составляет за вас программное обеспечение (ПО). Для последующего обрабатывания деталей вручную делается только сканирование, остальные три этапа выполняет ПО.



Рис. 1. Процесс контроля геометрии с применением 3D-сканирования

На данный момент различают несколько видов 3D-сканеров. Можно выделить контактные 3D-сканеры, в основе которых лежит непосредственный контакт устройства с исследуемым объектом. В момент исследования предмет находится на специальной поверочной плите. Если объект асимметричен и не может лежать ровно, то его удерживают специальные зажимы. Ярким примером 3D-сканера контактного типа является координатно-измерительная машина. Она является сверхточной и широко применяется в производстве. Но у неё есть существенные минусы в сравнении с другими оптическими моделями. К ним относится необходимость обязательного соприкосновения с изучаемым объектом, что может привести к его деформации или повреждению. Также к минусам координатно-измерительной машины можно отнести её медлительность, так как перемещение руки по установленной цели может происходить длительное время.

Ещё одним видом 3D-сканеров являются бесконтактные сканеры, которые, в свою очередь, делятся на активные и пассивные. Активные бес-

контактные 3D-сканеры для своей работы используют либо обычный свет, либо определённый вид излучения. Отражённая волна фокусируется датчиком сканера и преобразуется в координаты. Принцип работы активного бесконтактного 3D-сканера можно рассмотреть на рис. 2.

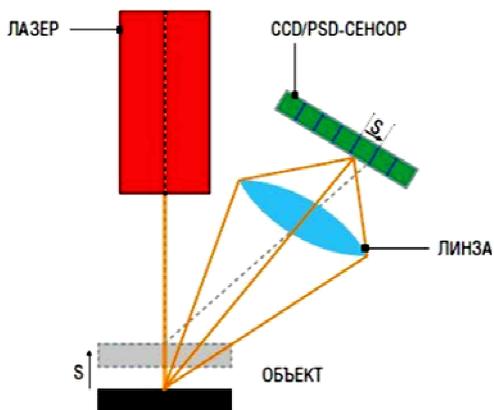


Рис. 2. Принцип работы лазерного 3D-сканера

Пассивный бесконтактный 3D-сканер анализирует световое и инфракрасное (тепловое) излучение объекта, обрабатывает его и формирует объёмную модель, передавая её на компьютер.

3D-сканеры можно классифицировать по точности сканирования. Они бывают высокоточные, сканеры общего применения и низкой точности. Высокоточные сканеры обладают минимальной погрешностью и максимальной детализацией объекта (точность измерений до 10 мкм). Сканеры общего применения являются средним классом, отличаются доступной стоимостью и считаются универсальными. Сканеры низкой точности не нуждаются в высоком уровне детализации.

По размерам сканируемых объектов сканеры делятся на сканирования мелких объектов (ювелирная продукция, пресс-формы, миниатюрные детали и др.), средних объектов (отдельные промышленные механизмы, автомобили, человек и др.), крупных объектов (промышленные станки, здания, строительная продукция и др.). По уровню мобильности 3D-сканеры делятся на ручные и стационарные.

Ещё одним критерием классификации 3D-сканеров является сфера применения. Она очень разнообразна, но среди самых популярных сфер выделяют инженерные задачи, художественное сканирование, медицину, стоматологию, строительство, проектирование крупногабаритных объектов и др. [3].

Одна из важных производственных задач, решаемая 3D-сканером, – обратное проектирование или реверс-инжиниринг. Сегодня 3D-сканеры широко применяются для реверс-инжиниринга изделий сложной формы. Процесс характеризуется созданием математической модели или чертежей по существующему физическому образцу. Реверс-инжиниринг с помощью исследования уже готового объекта выявляет в нем ошибки и неизвестные возможности. Процесс обратного проектирования можно увидеть на рис. 3, в котором представлено 3D-сканирование физического образца, перевод полученного облака точек в полигональную 3D-модель и обработка модели в специальном ПО для перевода в САПР-формат. На основе полученной CAD-модели создаются инструменты для серийного производства готового изделия [4].

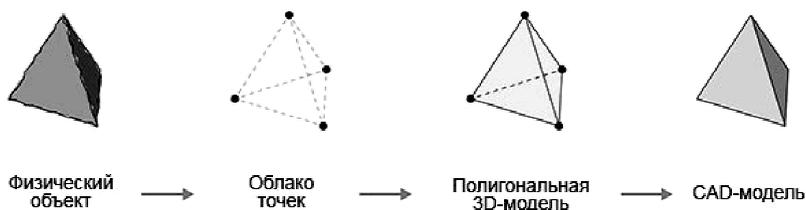


Рис. 3. Процесс обратного проектирования [4]

Метод обратного проектирования с помощью трехмерного сканирования успешно применяется множеством компаний по всему миру. Примером может являться производственная фирма в Германии, в которую поступил заказ в короткие сроки создать партию изделий с утерянной документацией, т.к. эта деталь была давно снята с производства. По имеющейся детали была воспроизведена ее точная 3D-копия, впоследствии распечатанная на 3D-принтере в нужном количестве точно в срок. С традиционными производственными средствами выполнить заказ вовремя было бы невозможно [4].

Подводя итог, можно сделать вывод, что оптические системы контроля на сегодняшний день являются актуальными и целесообразными в проведении работ в области обеспечения единства измерений. Они помогают оптимизировать производственный процесс любым предприятиям отрасли – от крупных производителей автомобилей, двигателей, спецтехники и компонентов до небольших компаний, выполняющих тюнинг, техобслуживание и ремонт. Устройства для 3D-сканирования позволяют снять многие ограничения, которые есть у традиционного измерительного оборудования. Использование 3D-сканеров в любых сферах деятельности – лучшее решение по соотношению цены и качества, так как они обеспечи-

вают быстроту измерений, высокую точность оцифровки объектов сложной геометрии, могут работать автономно, просты в эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.052-2015 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения [Текст]. Введ. 2017-03-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. 14 с.
2. Как 3D-сканирование решает задачи контроля качества на производстве // iQB Technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blog.iqb-tech.ru/3d-scanning-quality-control>. Дата обращения: 25.02.2019.
3. *Агеева Т.А.* Исследование методов трехмерного сканирования в области приборостроения [Текст] / Т.А. Агеева, Е.В. Ткачева, А.Д. Шевяков // Сборник трудов VI Всероссийского конгресса молодых ученых. СПб.: Университет ИТМО, 2017. С. 3-6.
4. 3D-сканеры в реверс-инжиниринге // Globatek.3D [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://3d.globatek.ru/3d-scanners/scan-revers/>. Дата обращения: 25.02.2019.

ПРЕДПОСЫЛКИ К ВНЕДРЕНИЮ МАССОВЫХ ОТКРЫТЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УНИВЕРСИТЕТА

А.И. Костюченко, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются предпосылки к внедрению массовых открытых онлайн-курсов и опыт внедрения в российских вузах.

***Ключевые слова:** онлайн-курсы, дистанционное обучение, развитие образования.*

BACKGROUND TO THE INTRODUCTION OF MASSIVE OPEN ONLINE COURSES TO THE EDUCATIONAL ACTIVITIES OF THE UNIVERSITY

A.I. Kostyuchenko, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The prerequisites for the introduction of mass open online courses and the experience of implementation to Russian universities are considered.

***Keywords:** online courses, distance learning, development of education.*

В настоящее время очень острой проблемой российских вузов является неудовлетворенность студентов качеством высшего образования. Современный мир активно развивается в сфере образования. На сегодняшний день более 850 университетов по всему миру запустили онлайн-курсы. В 2018 году количество слушателей достигло более 80 миллионов. Это на 20 млн слушателей больше, чем их было в 2016 году.

Рост востребованности онлайн-курсов обратно пропорционален удовлетворенности качеством образования в России.

Таблица 1. Удовлетворенность россиян системой образования по годам в процентах [1]

Дата	Определенно да	Скорее, да	Ни да, ни нет	Скорее, нет	Определенно нет	Затруднились ответить
Май 2016	2	18	29	27	18	6
Сен. 2015	4	22	22	25	16	11
Май 2015	4	15	29	28	14	10
Сен. 2014	2	20	27	28	12	11

Серьезное улучшение системы высшего образования – развитие системы дистанционного обучения (СДО). Создание информационно-образовательной системы обеспечит, сокращение удельных затрат на одного обучаемого в сравнении с традиционными системами образования СДО позволяет обеспечить принципиально новый уровень доступности образования при сохранении его качества [2].

Массовые открытые онлайн-курсы имеют ряд достоинств и преимуществ:

- разнообразие академических и практических дисциплин и тематик, их теоретическое и прикладное значение;
- наличие курсов разного уровня сложности (от начинающих до профессионалов);
- независимость от географического положения и свободный, удобный график для каждого обучающегося;
- различная продолжительность курсов, от нескольких недель до нескольких месяцев;
- возможность обучаться с любого устройства;
- возможность обучения лиц с ограниченными возможностями без причинения неудобств;
- возможность получить диплом любого вуза;
- возможность учиться у лучших преподавателей России;
- объективная оценка своих знаний и умений, постоянный контроль прогресса обучения.

Дополнительные возможности для студентов вузов:

- реальная возможность реализовать принятые в нашей стране положения Лиссабонской декларации, подразумевающие выбор курсов и академическую мобильность;

- возможность компенсировать недостаток знаний или восстановить теоретические и практические навыки;

- возможность получить несколько дипломов, получая второе высшее образование;

Дополнительные возможности для преподавателей школ и вузов:

- Прохождение MOOK может быть зачтен как курс повышения квалификации;

- проверка работ может осуществляться другими студентами для оттачивания навыков и знаний;

- постоянное развитие преподавателей в профессиональной среде [3].

Российское правительство понимает, что экономика становится цифровой. Растет конкуренция на международном рынке квалифицированных кадров для сохранения и роста престижа российских выпускников был утвержден приоритетный проект в области образования «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации». Он был утвержден Правительством Российской Федерации 25 октября 2016 года в рамках реализации государственной программы «Развитие образования» на 2013-2020 годы.

Современной российской экономике нужны высококвалифицированные специалисты. Но получить эти высококвалифицированные кадры без модернизации и улучшения системы высшего образования невозможно. Именно на решение части этих проблем и направлен приоритетный проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации».

Для достижения этой цели выбран путь широкого внедрения онлайн-обучения.

А также:

- изменение правовых нормативных актов в области онлайн-обучения;

- создание информационно-образовательной системы по принципу «одного окна»;

- формирование системы экспертной и пользовательской оценки качества содержания онлайн-курсов [4].

Ведущие вузы РФ уже успешно создают и обучают студентов при помощи MOOK. Примером успешного их внедрения в образовательный процесс являются MOOK ТГУ.

Помимо содержательной экспертизы материалов MOOK, в ТГУ анализируется качество MOOK путем проведения исходящего анкетирования слушателей, результаты которого следующие. Из 1 668 человек

генеральной совокупности среди 417 слушателей, прошедших опрос, 93% считают наиболее полезными элементами MOOK видеолекции, 33% считают полезными задания и дополнительные материалы, 85% будут использовать материалы MOOK в своей деятельности, 95% будут рекомендовать MOOK своим знакомым. По мнению студентов прошедших MOOK в ТГУ, их знания по предмету выросли более чем в 2 раза.

По данным собранным с 8 основных платформ (НПОО, Универсиарум, Лекториум, Stepic, «русская» Coursera, Udemu, Нетология, Uniweb) для онлайн-курсов видно, что с 2015 по 2017 год количество онлайн-курсов российских университетов увеличилось в 6,5 раз (со 100 до 650). И тенденция быстрого роста онлайн-курсов от российских университетов сохраняется, а это означает, что онлайн-курсы имеют огромную востребованность на российском рынке образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Удовлетворенность россиян системой образования» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mresearcher.com/2016/06/levadatsentr-udovletvorennost-rossiyan-sistemoj-obrazovaniya.html>. Дата обращения: 12.03.2019.
2. Что такое MOOK? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.e-executive.ru/wiki/index.php>. Дата обращения: 12.03.2019.
3. *Климентьева В.В.* Массовые открытые онлайн-курсы для студентов, школьников и преподавателей [Текст] / В.В. Климентьева, Д.Д. Климентьев // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. 1 (41). С. 165-169.
4. Современная образовательная среда РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://neorusedu.ru/>. Дата обращения: 12.03.2019.

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЯ

Д.В. Куракин, Н.В. Горячева

Научный руководитель – **Н.В. Горячева**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

В статье описаны основные дефекты при производстве кабельной продукции, а также способы их устранения с помощью датчиков контроля операций.

Ключевые слова: кабель, дефекты, датчики, оболочка, изоляция.

THE CABLE PRODUCTION PROCESS IMPROVING

D.V. Kurakin, N.V. Goryacheva

Scientific Supervisor – **N.V. Goryacheva**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The article describes the main defects at the manufacture of cable products, as well as ways of its eliminating by sensors control operations.

Keywords: cable, defects, sensors, sheath, insulation.

Развитие кабельной промышленности и возрастающая конкуренция формируют новые требования к продукции, в частности, к ее эксплуатационным характеристикам. Поэтому производителям кабельной продукции стоит уделять значительное внимание поиску дефектов и их устранению.

При производстве предприятие может столкнуться с такими видами дефектов как:

– дефекты оболочки (шероховатая поверхность, наличие пор, наличие просветов, наличие продольного выступа, несоответствие радиальной толщины и наличие пропусков);

– дефекты изоляции (пропуск, шероховатость, утолщения, ребристость, пузыри, наличие просветов, проминов, вмятин, радиальная толщина изоляции не соответствует требованиям нормативной документации, несоответствие материала изоляции);

– дефекты скрутки (выпирание жилы, обрыв проволоки, перескок жил в повиве, некачественная пайка стренг, усы, петли, перекут изолированной жилы);

- дефекты обмотки пленкой (рыхлая обмотка);
- отсутствие одного или нескольких элементов конструкции;
- дефекты намотки изделий на тару и в бухты.

При проведенном анализе на ООО «Рыбинсккабель» было выявлено, что наиболее значимыми дефектами являются дефекты изоляции и дефекты оболочки. Далее рассмотрены наиболее частые причины дефектов, к которым относятся:

- нарушение плана контроля;
- несоответствие фактической изолированной жилы требованиям нормативной документации;
- несоответствующая температура головки и последней зоны цилиндра;
- поломка оборудования;
- влага под оболочкой.

Конкретизируем некоторые причины возникновения дефектов по изоляции и оболочке.

Наличие просветов на изоляции, а также диаметр, не соответствующий требованиям нормативной документации. Это связано с неправильным количеством засыпанного полиэтилена [1]. Этот дефект может возникнуть вследствие отсутствия специального прибора, который будет контролировать уровень подачи материала, ошибки рабочего или поломки дозатора.

Неправильно окрашенные жилы. Причиной может служить применение красителя не требуемого цвета или в неправильном количестве [1]. Этот дефект может возникнуть вследствие невнимательности рабочего, а также неравномерной подачи красителя, ввиду отсутствия четкого нормирования закладки красителя в оборудование.

Наличие просветов на оболочке, а также диаметр, не соответствующий требованиям нормативной документации. Это связано с неправильным количеством засыпанного пластиката. Этот дефект может возникнуть вследствие отсутствия специального прибора, который будет контролировать уровень подачи материала, невнимательности рабочего, либо поломки дозатора.

При детальном рассмотрении возможных причин было выяснено, что главной причиной является высокое влияние человеческого фактора.

Для улучшения процесса изготовления кабеля марки КУПВ возможны два варианта развития: интенсивный и экстенсивный пути.

Интенсивный путь подразумевает автоматизацию экструзионной линии за счет введения экранной формы АС, а именно системы управле-

ния Simple-Scada. Это современная и дешевая SCADA-система, обеспечивающая сбор, обработку, архивирование и визуализацию технологических процессов. Главная цель проекта – простота и удобство использования для конечного пользователя. Связь с объектами автоматизации обеспечивается при помощи технологии OPC.

При недостатке материальных средств на автоматизацию экструзионной линии, то есть при экстенсивном пути разрешения проблемы можно ввести датчики контроля операций.

1. Для предотвращения дефектов изоляции и оболочки, связанных с наличием просветов или не соответствующих требованиям нормативной документации диаметров, можно воспользоваться сигнализатором уровня производства, а именно ротационным датчиком уровня сыпучих материалов.

Ротационные (флажковые) датчики уровня – предназначены для контроля предельного или промежуточного уровня сыпучих материалов. Основной функцией ротационных датчиков уровня является формирование дискретного управляющего сигнала при достижении контролируемым материалом необходимого уровня [2].

2. Для правильного нормирования закладки красителя в полиэтилен, можно воспользоваться гравиметрическим дозатором материалов.

Гравиметрический дозатор – предназначен для дозирования различных материалов посредством взвешивания и последующей их подачи в емкость для смешивания.

Принцип работы заключается в сравнении параметров фактического и заданного веса, если они совпадают, то компоненты выпускаются в смеситель. Весы устанавливаются на входе дозатора или экструдера [2].

3. Для определения пробоя изоляции, можно ввести дополнительную функцию испытания изоляции на проход с помощью оборудования марки «Корона-ЗАСИ-30/300».

Испытания изоляции повышенным напряжением производятся для обнаружения сосредоточенных дефектов в изоляции электрооборудования, не выявленных в предварительных испытаниях из-за недостаточного уровня напряженности электрического поля.

Аппарат позволяет обнаружить как открытые (видимые) сквозные дефекты (каналы, трещины и т. п.), так и скрытые сквозные дефекты в изоляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплун Я.Б. Формующее оборудование экструдеров [Текст] / Я.Б. Каплун, В.С. Ким. М.: Машиностроение, 1969. 160 с.
2. Глобин А.Н. Дозаторы [Текст] / А.Н. Глобин, И.Н. Краснов. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2016. 378 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

А.С. Маценко, Н.В. Горячева

Научный руководитель – **Н.В. Горячева**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

В данной статье представлено применение системы 5S на этапах производства кабельной продукции. Применение системы 5S позволит повысить производительность труда, создать необходимые условия для быстрого обучения персонала, а также снизить уровень дефектности производства.

***Ключевые слова:** проблемы в области качества, кабельная продукция, причины дефектов, система 5S.*

APPLICATION OF 5S SYSTEM TO IMPROVE THE CABLE PRODUCTION PROCESS

A.S. Matsenko, N.V. Goryacheva

Scientific Supervisor – **N.V. Goryacheva**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The use of 5S system at the stage of cable production is considered. The use of the 5S system will increase productivity, create the necessary conditions for rapid training of personnel, and also reduce the level of defectiveness of production.

***Keywords:** quality problems, cable products, causes of defects, 5S system.*

Проблемы в области качества при изготовлении кабельной продукции на сегодняшний день не являются большой редкостью, однако их актуальность по-прежнему имеет большое значение. Это связано с тем, что при производстве кабеля возникает большое количество дефектов, ущерб от которых существенно бьет по карманам кабельных предприятий. К основным видам дефектов при производстве кабеля традиционно можно отнести:

- дефекты поверхности изоляции;

- дефекты обмотки пленкой;
- дефекты оплетки экрана;
- дефекты скрутки;
- несоответствие геометрических параметров конструкции кабеля требованиям нормативных документов;
- дефекты намотки изделий на тару.

В результате исследований, проведенных на кабельном предприятии и направленных на изучение причин возникновения дефектов, были выявлены основные источники проблем при производстве продукции. К ним относятся неисправность оборудования, нарушение технологических режимов и планов контроля. При этом наибольшее количество дефектов приходится на долю последних. При детальном рассмотрении возможных причин дефектов было обнаружено, что источником всех причин выступает человеческий фактор. Невнимательность работника, а также отсутствие порядка в рабочей зоне приводит к серьезным потерям предприятия.

Несвоевременное обслуживание оборудования и наличие мусора на рабочем месте приводит к износу и загрязнению деталей внутри оборудования. Так, на операции оплетки экраном по причине несвоевременного обслуживания не срабатывает автомат обрыва. По этой причине возникают дефекты оплетки экраном, вследствие которых повреждается и сама изоляция жил.

Отсутствие организации рабочего пространства отвлекает внимание рабочего, что влечет за собой производство некачественной продукции. Качество продукции особенно страдает при отсутствии отдельной зоны для готовых полуфабрикатов. На операции тростки проволоки для экрана отсутствие зоны для заготовок приводит к повреждению проволоки и самой катушки. Поврежденная катушка при установке в оборудование может вывести его из строя.

Поскольку проблематика связана в основном с результатами влияния человеческого фактора, то решать проблемы производства эффективно с помощью системы 5S, основными целями которой являются: улучшения производственного процесса, снижение потерь, организация рабочего места, повышение производительности труда.

Стандартно система 5S включает в себя пять шагов, которые приведут к достижению лучших результатов, путем рационализации рабочего места.

1S – сортировка. Сортировка позволит организовать рабочее пространство для каждой операции. Все ненужные предметы отмечаются красным ярлыком, в котором указываются причины перемещения и действия, после чего отправляются в зону карантина.

2S – соблюдение порядка. Для производства кабеля соблюдение порядка обеспечивает правильное хранение заготовок и обеспечивает их использование на всех последующих операциях. Во избежание возникновения механических повреждений заготовок предлагается организовать зону хранения готовых полуфабрикатов, представляющую собой укрепленные стеллажи.

3S – соблюдение рабочего места в чистоте и порядке. С целью снижения риска поломки оборудования при производстве кабельной продукции рекомендуется проводить уборку рабочего места. Для поддержания и контроля чистоты рабочего места на операциях предлагается ввести график уборки.

4S – стандартизация. Стандартизация позволяет сформировать единый подход к выполнению заданий и операций. Основная задача данного этапа заключается в предотвращении отхода от постоянной реализации первых 3-х шагов.

Для соблюдения и поддержания правильного выполнения графика уборки на операциях рядом с рабочим местом предлагается закрепить порядок уборки, а также ввести порядок хранения уборочного инвентаря.

5S – совершенствование порядка. Для того чтобы оценить результативность внедрения 5S формулируются критерии и составляется чек-лист результативности начального уровня внедрения. С его помощью можно быстро обнаружить самые серьезные проблемы, устранив которые можно двигаться дальше. Для выявления недочетов необходимо ежемесячно выставлять оценку по ключевым вопросам всех пяти шагов 5S и отметить в чем конкретно заключается недочет того или иного аспекта, чтобы в будущем его исправить.

Для выявления уровня осведомленности работников о целях 5S, необходимо задать этот вопрос 4-м работникам и за каждый неправильный ответ снимать по 1 баллу. Чтобы оценивать прогресс, необходимо сравнивать полученный результат с результатом прошлого месяца.

Одним из вариантов стимулирования работников к дальнейшей деятельности в рамках системы 5S рекомендуется применение стенда 5S. Применение стенда 5S позволяет наглядно отслеживать выполнение требований 5S, а также выявить недочеты, которые не позволяют системе полноценно функционировать.

Ежемесячно каждому работнику выставляется оценка от 0 до 4 по критериям шагов 5S. Каждой цифре соответствует отметка в виде расцвеченного круга, который закрепляется напротив критерия шага 5S в столбце с инициалами работника. По ежемесячным итогам оценки деятельности работника назначаются соответствующие поощрения.

Внедрение системы 5S позволит без больших затрат повысить производительность труда, сократить потери от брака, а также создать необходимые условия для быстрого обучения в условиях текучести кадров.

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Н.В. Морозов, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс управления взаимоотношениями с потребителями путём разработки и внедрения в организацию соответствующей методики по связям с потребителем.

Ключевые слова: взаимоотношения с потребителями, методика управления взаимоотношениями, конкурентоспособность.

CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT

N.V. Morozov, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper examines a main part of customer relationship management. Control over this process by introducing special documentation is achieved.

Keywords: customer relationship management, special documentation of relationship, competitive ability.

В современном мире в условиях жесткой конкуренции, как между крупными компаниями, так и между компаниями среднего звена, рынок характеризуется постоянным изменением взаимоотношений между поставщиками и потребителями.

В настоящее время поставщикам товаров и услуг недостаточно иметь стандартный набор критериев, включающий стаж, авторитет и качество продукции. Из-за большого выбора альтернативных источников потребитель уделяет всё больше внимания активным компаниям, которые остаются в тренде тенденций запросов широких масс общества.

В связи с этим организации вынуждены не только вступать друг с другом в жесткую конкуренцию за каждого конкретного покупателя, но и прилагать больше усилий, чтобы соответствовать требованиям своих

клиентов.

Для завоевания и даже просто удержания доли рынка поставщик в условиях, нынешних переполненных высокоактивными конкурентами рынков должен быть более чем высокоэффективным. В этих условиях постепенно то в одной, то в другой отрасли и стране проблема сбыта становится центральной и генеральное руководство компаний начинает искать пути гарантированной, управляемой работы с потребителями на всех рынках.

Чаще всего это приводит к тому, что за потребителем начинают рекламную охоту, используя средства массовой информации, площадки интернет станций и социальных сетей, а также устаревшие информационные баннеры.

Однако при имеющемся многообразии вариантов и различной широкой ценовой политике, потребитель встаёт на вершину ассортиментных игр и имеет права и возможности свободно выбирать товар, подходящий ему по бесконечному ряду определённых характеристик.

Глобализация ранее локальных рынков и всепроникающие информационные коммуникации, ускоряющие процессы обмена информацией между пользователями и раскрывающие потребителю глаза на реальную сторону медали, открыли для многих людей и организаций истинную свободу выбора.

Транснациональные сети сделали доставку товаров и использование услуг простыми и удобными. Расширение рынков, отсутствие территориальных границ и низкие транзакционные издержки предоставили потребителям безграничный набор альтернатив. А главной целью компаний стало выделение своей продукции от конкурентной и постоянное поддержание собственного бренда в тренде [1].

Мировые лидеры по годовому обороту средств – компании гиганты, такие как Alphabet, Microsoft, Apple, Toyota, являясь ведущими организациями на мировых рынках сбыта, первыми осознали необходимость упорядочивания и систематизирования процессов, связанных с обработкой информации о потребителях, их запросах, трендах и интересах.

Плотная конкурентная борьба вынуждает всё больше компаний приходиться к заблаговременным расчётам покупательской активности. Ведь своевременно принятые меры позволяют удовлетворить все сложившиеся на заданный момент потребности наших потребителей, и как следствие, выиграть в гонке конкурентов.

Наиболее эффективным методом получения своевременной информации является развитый, разработанный с учётом потребительского кластера рынка, согласованный с административно-организационной структурой компании, задокументированный процесс взаимоотношения с потребителями [2].

Для логичного понимания всех входящих и исходящих потоков, а также для возможности их анализа и регулирования необходимо разработать соответствующую методику, в которой будут отражены основные этапы получения обратной связи и действия, направленные на обработку запросов, выявления ключевых фрагментов и принятия дальнейших решений для улучшения потребительской заинтересованности.

В целом методика должна рассматривать несколько главных вопросов:

- пути получения информации от потребителя,
- пути получения информации об активности конкурентных точек контакта с потребителем,
- процессы обработки, сортировки и анализа входных данных,
- методы обработки данных,
- методы определения оптимальных решений,
- рекомендации по принятию решений,
- границы ответственности отдельных должностных лиц компании или целых отделов,
- методы контроля деятельности,
- формы отчетности о результатах.

Так как работа с потребителями требует тщательной обработки входных и выходных данных, в крупных компаниях практикуется применение двухфакторного рассмотрения отчетов путём двойной обработки [3].

Как результат, при сравнительно низких затратах организация добивается безошибочной работы групп сортировки информации и как следствие, качественный анализ, по результатам которого можно разработать грамотную стратегию и произвести действия, направленные на повышение потребительского доверия к собственным продукциям или услугам.

При этом ключевым отличием от иных методов работы с потребительским мнением является скорость реакции на запросы со стороны клиентов и точность определения необходимости тех или иных изменений, а также определения степени важности и временных диапазонов для различных действий.

Если правильно составленная методика вступает в силу, то разбросанная по различным отделам компании информация собирается в единую структуру, где она распознаётся и фильтруется.

В то время как конкуренты продолжают обрабатывать единичные или малочисленные компоненты запросов, компания, использующая методику взаимоотношения с потребителями, ведёт многофазный анализ больших массивов информации и определяет ключевые рычаги давления на рынок.

Несмотря на относительно невысокие затраты на разработку и

внедрение методики управления взаимоотношениями с потребителями за сравнительно короткое время компания в состоянии сделать реально ощутимый рывок в стратегическом захвате и удержании рынка путём своевременной организации деятельности в соответствии с реальными запросами потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бун Л.* Современный маркетинг [Текст]: учеб. для студентов вузов / Л. Бун; пер. с англ. В.Н. Егорова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005 С. 128-129.
2. *Риддерстрале Й.* Караоке-капитализм [Текст] / Й. Риддерстрале. СПб.: Стокгольмская шк. экономики в Санкт-Петербурге, 2004.С. 32-34.
3. *Лосев С.В.* Управление отношениями с клиентами [Текст] / С.В. Лосев // Маркетинг в России и за рубежом. 2006. С. 216-219.

УДК 006.89

КОНЦЕПЦИЯ И ФИЛОСОФИЯ РИСК МЕНЕДЖМЕНТА В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТАХ

В.Э. Никитина, А.С. Степанова

Научный руководитель – **А.С. Степанова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются международные и национальные стандарты в области риск менеджмента, выделяется общая концепция.

Ключевые слова: риск, управление риском, менеджмент риска, стандарт.

THE THEORY AND PHILOSOPHY OF RISK MANAGEMENT FOR INTERNATIONAL AND NATIONAL STANDARDS

V.E. Nikitina, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – **A.S. Stepanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

International and national standards in the field of risk management are considered, the general concept is emphasized.

Keywords: risk, risk management, risk control, standard.

В настоящее время управление рисками находится на повестке дня практически каждой организации. Причин тому несколько.

Первая, и самая очевидная, заключается в том, что в условиях нарастающей глобальной конкуренции перед менеджерами организаций встают вопросы повышения результативности и эффективности их компаний, чего можно добиться, как минимум уменьшением числа ошибок при принятии управленческих решений, то есть управлением рисками.

Вторая причина заключается в существенных, если не сказать, радикальных изменениях «главного мирового стандарта бизнеса» ISO 9001:2015 «Quality management systems. Requirements» и его российской версии ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

Проведя анализ возникновения понятия «риск», можно представить три основных этапа:

- зарождение понятий о риске;
- формирование законодательных документов;
- обновление стандартов и культуры управления рисками.

Цель работы – выявить и описать основную концепцию риск менеджмента, основываясь на международных и национальных стандартах.

Свое начало риск менеджмент берет в 50-х годах в США. Первоначально риском занимались только страховые агенты, но в середине 60-х годов рисками начинают активно интересоваться и другие сферы деятельности предприятия. А к 90-м годам управление риском охватывает все подразделения компании.

Люди научились учитывать риски очень давно, но управление рисками как документированный процесс оформилось с внедрением стандарта ISO 31000:2009.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015 риск-влияние неопределенности на цели, а риск-менеджмент определяется как «скоординированная деятельность по управлению организацией и ее контролю с учетом рисков» [1].

На настоящий момент существует 1150 действующих международных, множество национальных и отраслевых стандартов менеджмента риска [2].

Управление рисками упоминается не только в специализированных стандартах, но и в текстах стандартов различных областей. Примеры таких стандартов приведены на рис. 1.

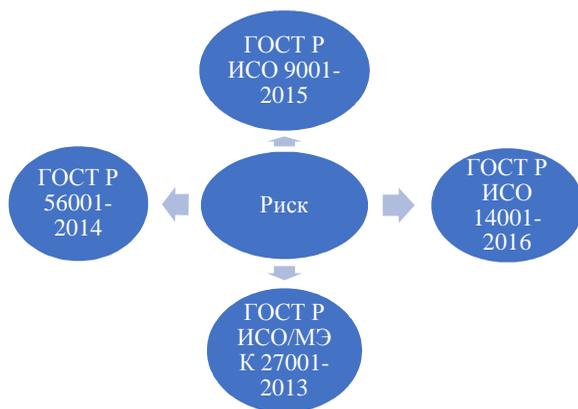


Рис. 1. Стандарты, в которых встречается упоминание риска

Для того чтобы сделать выводы и вывести общую концепцию риск менеджмента, необходимо сравнить ключевые стандарты имеющиеся в данной отрасли.

Начиная с 2000 года все разработанные методики содержат в себе одинаковые процессы и алгоритмы оценки рисков (FERMA, COSO, MBA), аналогичные тем, которые приводятся в стандарте ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [3]. Процесс риск менеджмента приведен на рис. 2.

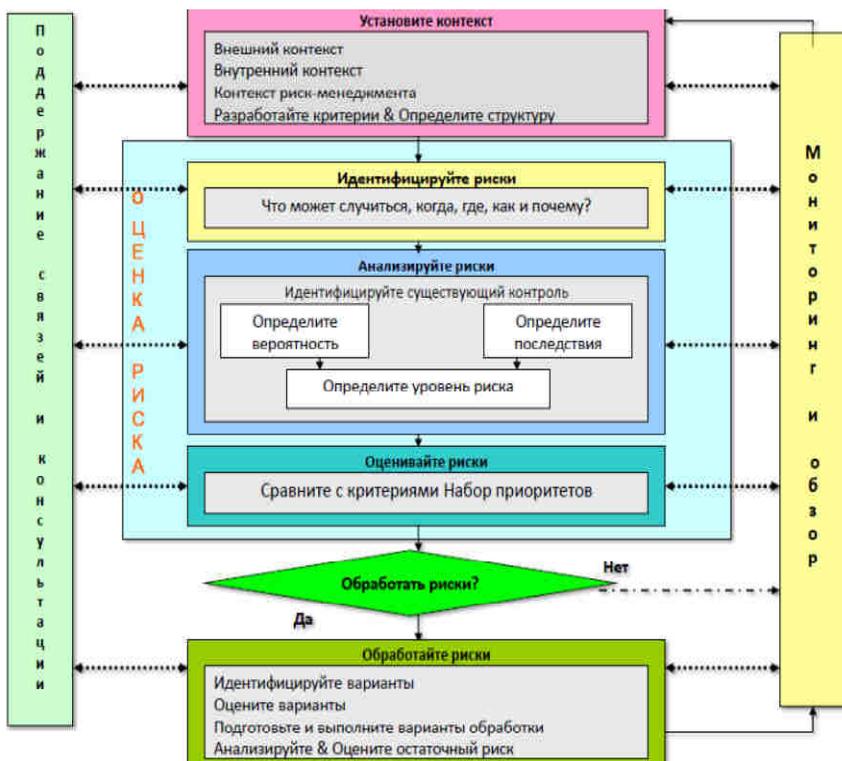


Рис. 2. Процесс риск менеджмента

В первую очередь, оценка рисков необходима руководству компании для того, чтобы сделать работу всех подразделений эффективнее. Учет рисков помогает выявить возможные угрозы для работы и разработать методику поведения при их возникновении. Стоит также учитывать, что различные виды рисков имеют разную степень значимости риска (рис. 3).



Рис. 3. Степень значимости риска

Также необходимо вести регистрацию всех возникающих рисков, для того чтобы оценить частоту возникновения той или иной ситуации с целью оценки ее важности и предотвращения ее возникновения.

Следующим важным моментом является разработка типового поведения при возникновении ситуации связанной с риском, для операционных и приносящих больший вред рисков.

Таким образом, управление рисками представляет собой постоянно развивающийся вид менеджмента. Главной проблемой, которого является отсутствие единой методики регистрации риска. Каждая организация, которая желает создать систему учета рисков, должна сама разработать методику ведения учета возможных рисков. Необходимо создание комплексного подхода, включающего в себя инструменты эффективного управления рисками и методики регистрации рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство [Текст]. Введ. 2011-09-01. М.: Стандартинформ, 2012. 26 с.
2. Управление рисками [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cfin.ru/finanalysis/risk/main_meths.shtml. Дата обращения: 08.03.2019.
3. Паллада эссет менеджмент [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ivr.rcb.ru/2015/programm/baranov.pdf>. Дата обращения: 08.03.2019.

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»)

М.А. Новиков, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются существующие системы оценки качества в высших учебных заведениях. На основе результатов исследования формируются основополагающие принципы и совершенствование методики оценки.

Ключевые слова: качество образования, методика, образовательная организация.

METHODS AND THE SYSTEMS OF INTERNAL QUALITY ASSESSMENT (TROUGH THE EXAMPLE OF YSTU)

M.A. Novikov, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The existing methods of quality assessment in educational institutions are considered. Based on the results of the study, the basic principles and improvement of the evaluation methodology are formed.

Keywords: quality of education, methods, educational organization.

Ни для кого не секрет, что успех организации напрямую зависит от должного уровня квалификации сотрудников. Для подготовки таких кадров как никогда важно обеспечить качественную и функциональную систему образования. Представители высших образовательных учреждений предлагают собственные методики оценки внутренней системы качества образования, разработанные в соответствии с их учебными программами. Но зачастую выстроенные системы оценки не обеспечивают должного функционирования. Причиной тому может служить заинтересованность в достижении личных интересов и проведение оценки без участия общества.

Качество образования складывается из многочисленных факторов. Наиболее значимыми являются:

- абитуриенты, обучающиеся студенты, выпускники;
- обеспечение учащихся необходимой методической базой;
- материально-техническое обеспечение;
- перспектива обучения и трудоустройства;
- наличие высококвалифицированных кадров [1].

Оценить качество можно в первую очередь из комплекса действий, выполняемых с целью оценки соответствия конкретной продукции установленным требованиям. Эти требования устанавливаются в различного рода нормативной документации.

Для оценки образовательного процесса, основанного на государственных требованиях, используются следующие критерии соответствия:

- организованных условий обучения - лицензионным требованиям (среднестатистическим по региону);
- аттестационным требованиям (государственным образовательным стандартам);
- аккредитационным показателям к учреждению заявленного типа и вида.

Существующие критерии оценки качества представлены на рис. 1.

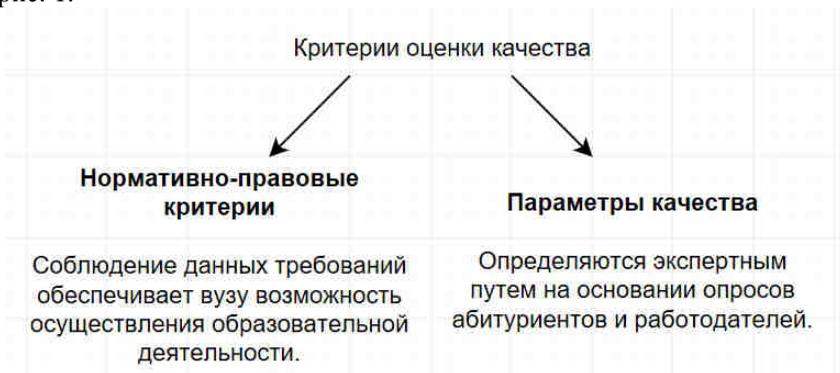


Рис. 1. Существующие критерии оценки качества

Основополагающие процессы оценки строятся на употреблении и адаптации трех основных методов:

- метод стратегического планирования (SWOT-анализ);
- система, основанная на принципах всеобщего управления качеством (TQM);
- метод, созданный по требованиям международных стандартов.

Одним из выдающихся представителей высших учебных заведений, ведущих активную деятельность в области повышения качества образования, является Ярославский государственный технический университет.

ЯГТУ был основан в 1973 году. Является Лауреатом областной премии «За лучшую работу в области обеспечения качества 2008 года». Обладатель десятков благодарственных писем от местных органов власти, предприятий и организаций. Ведет подготовку иностранных студентов. Имеется свидетельство о государственной аккредитации, действующее до 29 ноября 2023 года, а также лицензия на право ведения образовательной деятельности, выданная ФГБОУ ВО «ЯГТУ» [2].

В ЯГТУ разрабатывается и непрерывно совершенствуется внутри-вузовская система менеджмента качества, соответствующая требованиям стандартов ИСО серии 9000. Соответствие системы принципам всеобщего менеджмента качества подтверждено в 2011 году в рамках конкурса Рособнадзора «Системы качества подготовки выпускников образовательных учреждений профессионального образования».

В настоящее время СМК охватывает все виды деятельности университета. Общий перечень документов по обеспечению качества образовательной, научно-исследовательской, информационно-библиотечной и методической деятельности включает более 150 документов (стандарты, положения и методические инструкции по отдельным видам деятельности). В 2017 г. проводилась работа по приведению внутренних нормативных документов требованиям действующего законодательства.

Для совершенствования будущей системы оценки качества образования, возможно построение на представленных принципах:

- ориентация на потенциального потребителя и пользователя информации о качестве образования, на потребности системы образования;
- разработка новых показателей и критериев для оценки на различных уровнях управления, их внедрение и адаптация;
- соответствие норм качества образования и проверка выполнения законодательно установленных стандартов, отражающих предполагаемые потребности личности и общества;
- многоуровневое построение систем оценки качества образования в сфере непрерывного образования, иерархичности используемых в их рамках критериев и показателей;
- при проведении оценочной деятельности урегулировать функциональность использования оценочно-диагностической информации.

Также методика содержит конкретные методы проведения оценки, представленные на рис. 2.

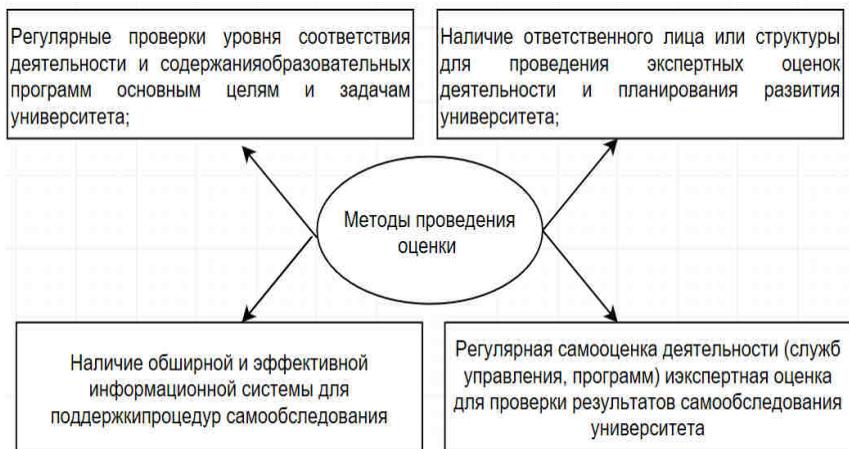


Рис. 2. Методы проведения оценки

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что применяемых методов оценки качества образования недостаточно.

Для решения проблемы следует прибегнуть к созданию кастомной методики оценки. Данная методика включает в себя одни из лучших решений среди уже имеющихся моделей. Новыми основополагающими методами оценки являются: проверки уровня соответствия деятельности, регулярная самооценка и экспертная оценка, своевременная реакция на результаты экспертиз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менеджмент качества / Официальный сайт ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ystu.ru/qm/>. Дата обращения: 15.03.2019.
2. О системах оценки качества высшего образования / Международный научно-исследовательский журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://research-journal.org/pedagogy/o-sistemax-ocenki-kachestva-vysshego-ob/>. Дата обращения: 15.03.2019.

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»)**

Д.А. Полетова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Усиление роли интеграции автономных систем менеджмента нефтеперерабатывающих предприятий в целях повышения результативности своей деятельности создает основу исследования существующих принципов и подходов построения интегрированной системы менеджмента (далее – ИСМ). В данной работе предложен один из вариантов организации работ по разработке, внедрению и анализу ИСМ нефтеперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: интегрированная система менеджмента, система менеджмента качества, система экологического менеджмента, система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда, результативность.

**THE PERFORMANCE
OF THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM
OF THE ENTERPRISE ANALYSIS TECHNIQUE
(TROUGH THE EXAMPLE OF OJSC «SLAVNEFT-YANOS»)**

D.A. Poletova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Strengthening the role of integration of autonomous management systems of oil refineries in order to improve the performance of their activities creates the basis for the study of existing principles and approaches to building an integrated management system (IMS). This paper proposes one of the options for the organization of work on the development implementation and analysis of the refineries IMS.

Keywords: integrated management system, quality management system, environmental management system, occupational safety and health management system, effectiveness.

Наблюдаемый в последние годы повышенный интерес отечественных нефтеперерабатывающих предприятий к внедрению в свою деятельность одновременно или постепенно несколько систем менеджмента создает предпосылки к разработке и внедрению интегрированных систем менеджмента, что позволит повысить эффективность деятельности при минимальных материальных и финансовых затратах благодаря синергическим свойствам различных факторов.

Изучению вопросов интеграции систем менеджмента посвящено много работ отечественных авторов, среди которых можно выделить: З.Я. Вирьянский [1], А.Н. Яськин [2], Т.В. Школина [3], определяющие ИСМ как единую систему, отвечающую требованиям нескольких стандартов на системы менеджмента.

В качестве нормативно-методической базы для разработки и внедрения ИСМ выступают два национальных стандарта, отражающие основные принципы, требования и рекомендации.

– ГОСТ Р 53893-2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента» [4];

– ГОСТ Р 55269-2012 «Системы менеджмента организаций. Рекомендации по построению интегрированных систем менеджмента» [5].

Различные методологии, основанные на международных стандартах, предлагают разнообразные подходы к интеграции. В частности, наиболее научно обоснованными являются следующие документы: AS/NZS 4581:1999, PAS 99:2012, JIS/TR Q 0005:2005.

Так на одном из крупнейших предприятий Центральной России по производству продуктов нефтепереработки ОАО «Славнефть-ЯНОС», действует аддитивная ИСМ, включающая в себя в соответствии со спецификой деятельности: систему менеджмента качества (СМК), систему экологического менеджмента (СЭМ), систему менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда (СМБ).

Для определения фактического состояния функционирования ИСМ ОАО «Славнефть-ЯНОС» была проведена ее экспертная оценка согласно предложенным критериям интегрированности Ассоциацией по сертификации «Русский Регистр» [6]. В рамках рекомендованных критериев количество баллов составило 21,5, что позволило при сравнении с градацией согласно [7] установить средний уровень интеграции систем менеджмента ОАО «Славнефть-ЯНОС».

Следует подчеркнуть, что на сегодняшний день общепризнанной, нормативно-закрепленной методики оценки результативности ИСМ не существует, в этом случае возникает необходимость ее дальнейшей раз-

работки и апробации на одном из ведущих предприятий нефтеперерабатывающей отрасли – ОАО «Славнефть-ЯНОС».

Порядок анализа ИСМ включает следующие этапы:

1. Анализ функционирования макропроцессов ИСМ.
2. Анализ и обработка зарегистрированных данных по функционированию ИСМ.
3. Анализ и оценка полученных данных по критериям результативности СМК, СЭМ и СМБ.
4. Оценка результативности СМК, СЭМ и СМБ.

Расчет результативности СМК, СЭМ и СМБ проводится по формулам (1), (2), (3):

$$K_{РЕЗ СМК} = \frac{K_{крит.рез.БО}}{K_{крит.рез.}} \geq 0,90; \quad (1)$$

$$K_{РЕЗ СЭМ} = (1,2 - K_{выбросы}) + (1,2 - K_{стоки}) + (1,2 - K_{нак.отходы}) + (1 - K_{эн.потр}) \geq 0 \quad (2)$$

$$K_{РЕЗ СМБ} = \frac{K_{крит.рез.БО}}{K_{крит.рез.}} \geq 0,75; \quad (3)$$

где $K_{крит.рез.БО}$ – количество критериев оценки результативности СМ без отклонений;

$K_{крит.рез.}$ – общее количество критериев оценки результативности СМ;

$K_{выбросы}$ – коэффициент выбросов в атмосферу;

$K_{стоки}$ – коэффициент сброса сточных вод;

$K_{нак.отходы}$ – коэффициент накопленных отходов;

$K_{эн.потр}$ – коэффициент потребления энергоресурсов.

5. Оценка результативности ИСМ.

Определение значения результативности ИСМ осуществляется экспертной оценкой путем дифференциации и ранжирования систем менеджмента. Весовые коэффициенты систем менеджмента, сформированные экспертным путем, принимают следующие значения: $K_{РЕЗ СМК} - 0,9$; $K_{РЕЗ СЭМ} - 0,05$; $K_{РЕЗ СМБ} - 0,05$.

Таким образом, результативность интегрированной системы менеджмента рассчитывается согласно формуле (4):

$$K_{РЕЗ ИСМ} = \sum_{i=1}^n K_{РЕЗ i} * \alpha_i \geq 0,85 \quad (4)$$

где $K_{PEZ i}$ – результативность i -ой системы менеджмента;

α_i – весовой коэффициент системы менеджмента;

n – количество систем менеджмента.

6. Определение уровня функционирования ИСМ.

Полученное значение результативности ИСМ сравнивается с установочной шкалой уровней функционирования ИСМ.

7. Подготовка и анализ отчета о функционировании ИСМ.

8. Разработка мероприятий по улучшению ИСМ.

Таким образом, проводя анализ результативности ИСМ в соответствии с предложенной методикой, можно определить уровень функционирования ИСМ предприятия, а также по рассчитанным критериям оценки результативности систем менеджмента обозначить узкие места в функционировании предприятия. Определение уровня функционирования ИСМ влияет на дальнейшую ее результативность, что позволит узнать реальную степень устойчивости ИСМ и разработать наиболее эффективные мероприятия по ее совершенствованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вирьянский З.Я.* Интегрированные системы менеджмента [Текст]: учебное пособие / З.Я. Вирьянский. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. 64 с.
2. *Яськин А.Н.* Формирование интегрированной системы менеджмента на предприятии [Текст]: диссертация к.э.н.: 08.00.05 / А.Н. Яськин. Саранск, 2012. 260 с.
3. *Школина Т.В.* Научно-методическое обеспечение интегрированной системы менеджмента качества организации [Текст]: диссертация к.т.н.: 05.02.23 / Т.В. Школина. Брянск, 2010. 203 с.
4. ГОСТ Р 53893-2010 Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента [Текст]. Введ. 2011-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. 34 с.
5. ГОСТ Р 55269-2012 Системы менеджмента организаций. Рекомендации по построению интегрированных систем менеджмента [Текст]. Введ. 2013-06-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. 12 с.
6. Нормативный документ № 006.00-134 Правила по интеграции систем менеджмента [Текст]. Утв. 2008-11-17. М.: Ассоциация по сертификации «Русский регистр», 2015. 32 с.
7. Походы к оценке и сертификации интегрированных систем менеджмента [Электронный ресурс] / А.В. Владимирцев, Д.А. Марцынковский, Р.В. Степанов, Ю.Ф. Шеханов, Ж.Ж. Эсмуханова. Санкт-Петербург, 2008. Режим доступа: https://www.rusregister.ru/upload/iblock/9c4/pub-podhody_SMK.pdf. Дата обращения: 15.03.2019.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Л.К. Сергеева, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается возможность усовершенствования производственных процессов на предприятии путём интегрирования беспроводных технологий для проведения метрологических измерений.

***Ключевые слова:** производственные процессы, метрологические измерения, автоматизация производства.*

WAYS TO IMPROVE PRODUCTION PROCESSES IN THE CONDITIONS OF INTEGRATING WIRELESS TECHNOLOGIES OF MEASUREMENTS

L.K. Sergeeva, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the possibility of improving the production processes in the enterprise by integrating wireless technologies for metrological measurements.

***Keywords:** production processes, metrological measurements, production automation.*

Простой факт на производстве заключается в том, что каждый процесс сопровождается измерениями [1]. Производители нуждаются в правильных инструментах для повышения качества, максимизации производительности.

Одним из наиболее важных аспектов, которые может предоставить измерительный инструмент, являются ценные данные. Однако специалисты по качеству постоянно сталкиваются с проблемами, когда дело каса-

ется превращения производственной информации в действенные данные. Менеджеры по качеству должны обеспечить сбор всех необходимых данных и их правильность. Что еще более важно, они должны гарантировать, что данные всегда точны. Данные также должны быть как можно более простыми и легко оцениваемыми, чтобы определить, что все необходимые требования были выполнены [2].

В настоящее время на производственной линии появились новые системы, предназначенные для более совершенствования операций контроля качества. К ним относятся новые подходы, направленные на повышение автоматизации и, как следствие, повышение качества, а также внедрение передовых технологий, таких как интегрированные беспроводные технологии, для более быстрого и надежного сбора данных.

Эти типы технологий могут быть использованы как часть комплексных усилий, направленных на то, чтобы «сделать метрологию более разумной». Интеллектуальная метрология обеспечивает преимущества повышенной простоты использования и повышенной точности и является превосходной методологией для передачи данных измерений в любые системы отчетности [3], которые в настоящее время используются. Использование от более простых инструментов, таких как Microsoft Excel, до более сложных пакетов программного обеспечения CAQ / SPC, включая Q-DAS qs-STAT, InfinityQS, QC-CALC, Minitab и многие другие.

В качестве примера интеллектуальной метрологии в действии рассмотрим измерительную станцию, которая разработана для обеспечения полностью автоматической последовательности измерений без вмешательства оператора. Хотя конкретный пример детализирует измерение шероховатости на головке блока цилиндров и блоке цилиндров, сценарий использования может быть адаптирован для любой ситуации, когда существуют многочисленные характеристики, которые необходимо измерять с точностью, и где также требуется максимальная гибкость.

Измерительная станция позволяет оператору перемещать станок вокруг детали или перемещать деталь вокруг станка, обеспечивая упрощенный доступ ко всем функциям, необходимым для получения полного диапазона требуемых данных о чистоте поверхности – быстро, надежно и точно.

Для измерения шероховатости на головках цилиндров машина оснащена автоматическим поворотным устройством для тяжелых деталей, автоматически вращающийся приводной элемент, и измерение шероховатости на седле клапана. Все типичные характеристики шероховатости могут быть измерены в одном зажиме с семью осями с ЧПУ. Измерение на нижней стороне также возможно.

Автоматический зажим заготовок повышает безопасность работы и минимизирует время вмешательства оператора в процессе настройки

станка. Полностью автоматизированная последовательность измерений позиционирует как заготовку, так и приводной механизм в различных положениях, необходимых для безопасного и воспроизводимого доступа к труднодоступным точкам измерения.

Ручная настройка приспособлений для заготовки не требуется, что сводит к минимуму влияние оператора и повышает удобство работы. Это приводит к надежности процесса и не влияет на работу, так как измерение происходит автоматически.

Типичные измерительные задачи, выполняемые для данного типа измерительной станции, включают:

- шероховатость седла клапана под разными углами;
- шероховатость в направляющей клапана (до 5 мм);
- уплотнительная поверхность головки цилиндров (со стороны камеры сгорания и крышки капота);
- подшипник распределительного вала туннель (частично с вкладышами подшипников на болтах);
- соединительные поверхности в различных угловых положениях.

С помощью инструмента такого типа оператор может просто вставить деталь и нажать кнопку, и машина выполнит более 70 измерений за 40 минут. Данные записываются автоматически и без ошибок. Кроме того, в типичном приложении с ЧПУ, если датчик сломается, вставляется новый, и разница может быть незначительной, поэтому точки должны быть перенастроены. С такой интеллектуальной метрологической платформой, как эта, она автоматически распознает разницу, компенсирует и перенастраивает - и автоматически калибруется.

Существует также новый класс ручных инструментов (таких как микрометры, штангенциркули и индикаторы), которые имеют встроенные беспроводные передатчики, которые делают процесс записи измерений намного быстрее и эффективнее.

Традиционно данные собираются через обычную измерительную станцию с кабельным соединением или подключаются к передатчику. Теперь, благодаря новой интегрированной беспроводной технологии, сбор данных стал намного проще. Теперь можно передавать данные измерений непосредственно с прибора, по беспроводной связи, в простые инструменты отчетности или более продвинутые пакеты программного обеспечения CAQ / SPC, не запутываясь в чрезмерных кабелях.

Измерительные приборы со встроенными беспроводными передатчиками предназначены для удобного, практичного и экономичного использования на заводе. Интегрированная беспроводная технология также обеспечивает преимущества неограниченного движения. Например, при использовании цифрового микрометра или других беспроводных устройств во время измерения на машине или на больших деталях,

пользователь не будет загоразиваться кабелями. Ручные поверхностные устройства с сенсорным экраном и встроенной памятью можно использовать для создания отчетов об измерениях в виде PDF-документов прямо с устройства.

Интеллектуальные метрологические инструменты, такие как эти, обеспечивают простой сбор данных без необходимости специального специалиста по метрологии для работы и сбора. В этом случае человек, управляющий машиной, также собирает данные. Это также гарантирует, что операторы собирают правильные данные и устраняют смещение данных.

С помощью интеллектуальных инструментов метрологии специалисты по качеству могут гарантировать, что данные измерений являются точными, надежными и эффективными. Благодаря включению таких элементов, как усовершенствованная автоматизация и интегрированные беспроводные технологии, профессионалы в области качества могут в конечном итоге обеспечить больший контроль над своими производственными операциями и гарантировать, что их измерения всегда будут точными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.000-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения [Текст]. Введ. 2016-07-01. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
2. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения [Текст]. Введ. 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 60 с.
3. Распоряжение Правительства РФ 19 апреля 2017 г. № 737-р «Об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 14.03.2019.

**ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ
КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ**

О.В. Смоловский, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются виды программ лояльности в современном спорте, их значимость для болельщиков и роль в привлечении, удержании болельщиков

***Ключевые слова:** программы лояльности, удовлетворенность потребителя.*

**PROGRAM OF LOYALTY OF THE ORGANIZATION
AS AN ELEMENT OF THE CONSUMERS INTERACTION
SYSTEM**

O.V. Smolovskiy, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The types of loyalty programs in modern sports activities, their significance for fans and their role in attracting and keeping fans are considered.

***Keywords:** loyalty programs, customer satisfaction.*

Согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», управление качеством направлено на удовлетворение требований клиентов и стремление превзойти их ожидания [1]. Каждый аспект взаимодействия с клиентом позволяет создать большую ценность для клиента.

Соответственно в системе взаимодействия с потребителями, состоящей из укрупненных блоков: привлечение, удержание и развитие взаимоотношений с клиентами, особое значение имеют программы лояльности.

Программа лояльности – комплекс мероприятий для повышения развития продаж существующим клиентам в будущем, продажи им дополнительных товаров и услуг, продвижения корпоративных идей и ценностей, других видов потенциально прибыльного поведения. Осуществляется в основном на стадии зрелости жизненного цикла продукта.

Цели программ лояльности:

- найти новых потребителей;
- рост выручки вторичных продаж;
- увеличение покупок;
- уменьшение уровня ухода клиентов;
- идентификация покупателя;
- анализ данных о потребительском поведении;
- распределить потребительскую базу в зависимости от характеристик потребителя.

Самым распространенным элементом программ лояльности российских спортивных клубов является фан-карта, которая предоставляет ее владельцу различные скидки на билеты, атрибутику, а также возможность участвовать в клубных акциях и мероприятиях. Реализуя эту программу, клубы получают набор необходимой информации о своих болельщиках, а также свои контактные данные для обратной связи. Могут быть бонусные и подарочные системы. В частности, при получении таких карточек, как правило, заполняется анкета, в которой указываются контактные данные получателя, что позволяет клубу уведомлять покупателя о новых и потенциально интересных товарах и услугах.

Как открытые, так и закрытые программы лояльности имеют определенные преимущества для компании и для покупателя. Открытые программы охватывают больше участников и окупаются быстрее. Закрытые подходят для малого бизнеса с небольшими бюджетами – ограниченное количество участников, легче определить важность привилегий, более эффективное общение с участниками программы и так далее. Закрытые программы, по сравнению с открытыми, предоставляют участникам больше преимуществ.

«Прямые» и «косвенные» программы лояльности. Прямые программы стимулируют покупателей в финансовом плане. Это могут быть различные выборочные или постоянные скидки, бонусы на покупку товаров или услуг и тому подобные выгоды. Привилегии косвенных программ должны быть продуманы более глубоко. У покупателя должно быть желание еще раз посетить магазин (офис) компании и воспользоваться ее услугами. Компания, которая хорошо знает своих клиентов, может сделать свое предложение особенно ценным и привлекательным, стимулируя тем самым покупку новых продуктов или услуг.

В спорте существуют факторы, такие как влияние окружающей среды (друзья, родственники) и географическое положение, они сильно влияют на потребителей. Исходя из этих особенностей, можно сказать, что потребление в спорте – непредсказуемое и довольно иррациональное явление. Например, если приобретен определенный товар, который в процессе эксплуатации не соответствует вашим потребностям и ожиданиям, то, скорее всего, потребитель от него откажется.

Ливерпульский футбольный клуб выделяет шесть разных групп болельщиков, каждая из которых имеет индивидуальный подход и индивидуальный набор бонусов, привилегий [2]. Одна из этих групп – это группа для детей до трех лет. В Манчестер Юнайтед, помимо возрастной группы, существуют группы до 16 лет, от 16 до 17 и от 18 до 20 лет. Каждая из групп осуществляет индивидуальную рабочую стратегию, в зависимости от возрастной группы - размер взносов также меняется.

Все владельцы абонементов на сезон 2016/17 гг. стали участниками программы лояльности ХК «Амур», которая позволит им получать скидки в заведениях нашего города, а также участвовать в специальных акциях клуба. Хоккейный клуб «Амур» объявил о запуске программы лояльности для поклонников хоккея с сезона 2016/2017. Теперь каждый болельщик, достигший 18-летнего возраста (в целях соблюдения законодательства РФ), получит возможность бесплатно оформить клубную карту, которая позволит воспользоваться всеми привилегиями клуба в полном объеме. Чтобы стать владельцем карты, достаточно заполнить анкету и подтвердить личные данные.

Сделать это можно было двумя простыми способами: при помощи промоутеров на ближайших домашних матчах «Амура» на домашней арене по предъявлению документа, удостоверяющего личность (паспорт гражданина, пенсионное, водительское или служебное удостоверение, паспорт ветерана), либо самостоятельно на официальном сайте клуба. Обладатели «Карты лояльности ХК «Амур» в новом сезоне получают скидки в:

- официальном магазине клубной атрибутики ХК «Амур»;
- ресторанах и кафе, автосервисах, такси, фитнес-центрах;
- оздоровительных комплексах;
- гостиницах и гостиничных комплексах;
- салонах красоты и парикмахерских;
- ювелирных салонах, магазинах одежды и аксессуаров;
- магазинах спортивного инвентаря; цветочных салонах; кинотеатрах;

Московский «Спартак» после строительства нового стадиона «Открытие Арена» получил возможность представить болельщикам самые развитые и современные системы пользования клубными картами. Система подразумевает наличие трех статусов, которые фанаты могут полу-

чить при посещении матчей, а также при покупке вещей в официальном магазине. Каждый из статусов включает в себя определенный набор привилегий. Первый – Гладиатор – базовый и присваивается с самого начала. Далее, после накопления определенного количества баллов на карте, присваивается следующий статус – Центорио. Болельщики с таким статусом могут принимать участие в поездках на базу клуба, а также присутствовать на других различных клубных мероприятиях. Самый почетный статус – Спартакус – предлагает обширный набор бонусов и привилегий. Одна из этих привилегий – прикрепить табличку с именем на одном из мест домашнего стадиона.

В Программе лояльности настоящего сезона участвуют все карты: абонементы сезона-2018/2019, банковские карты «Гладиатор» банка «Открытие», а также все остальные карты (в том числе виртуальные карты и абонементы прошлых сезонов), не участвующие в других Программах лояльности. За посещение домашних матчей «Спартак» в чемпионате России на «Открытие Арена» болельщики также получают статусные баллы.

В заключении хотелось бы отметить, что лояльность потребителей – одна из самых сложных программ. Проблемой спорта в России является низкий уровень посещаемости матчей. Есть много причин объясняющих такое положение дел. Среди них: неподготовленная инфраструктура для комфортного посещения матча, вероятность возникновения беспорядков на трибуне во время просмотра матча, высокая стоимость билетов. Исходя из вышеперечисленных причин, внедрение программ лояльности является очень важным и полезным шагом для привлечения фанатов и простых болельщиков на игры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.
2. Официальный сайт Российского футбольного союза [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rfs.ru/>. Дата обращения: 15.03.2019.
3. Солнцев И.В. Динамическое ценообразование билетных программ спортивного мероприятия: пример ЗАО «ФК «Зенит» [Текст] / И.В. Солнцев, П.В. Иванов // Российский журнал менеджмента. 2014. Т. 12. № 4. С. 79-98.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Е.А. Соколова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются общие требования к статистическому приемочному контролю качества совокупности любой продукции.

***Ключевые слова:** статистический приемочный контроль, план контроля, схема контроля, риск потребителя, риск поставщика, уровень доверия.*

STATISTICAL ACCEPTANCE PRODUCTS QUALITY CONTROL

E.A. Sokolova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The General requirements to statistical acceptance quality control of the aggregate of any product are considered.

***Keywords:** statistical acceptance control, control plan, control scheme, consumer risk, supplier risk, confidence level.*

В основе статистического приемочного контроля (СПК) качества продукции лежит применение методов математической статистики. Данный вид контроля проводят в целях подтверждения или опровержения верности информации поставщика о соответствии качества контролируемых совокупностей продукции установленным требованиям.

СПК применим к совокупности любой продукции, которая поставляется в виде партии, потока, массы и объема. СПК может осуществлять поставщик, потребитель или третья сторона.

Контроль поставщика – контроль продукции, основная цель которого документировано подтвердить достоверность информации о качест-

ве продукции, например, в случае окончательного контроля, приемки, сертификации продукции по заявлению изготовителя

Контроль потребителя – контроль, осуществляемый с целью проверки правильности информации о качестве продукции, предоставленной по результатам контроля поставщика, например, в случае входного контроля, инспекционного контроля, эксплуатационного контроля, приемки продукции представителем потребителя.

Контроль третьей стороны – контроль продукции, выполняемый для подтверждения или проверки правильности информации поставщика о качестве продукции и (или) результатов ее контроля, например, при сертификации продукции, инспекции и надзоре за соблюдением требований нормативно-технической документации, контроле качества продукции, выполняемом в судебном и арбитражном рассмотрении дел, а также на основании заказа поставщика или потребителя.

Поставщик определяет требования к качеству продукции, которые отражаются в нормативной или договорной документации в виде соответствующих норм на групповые показатели качества (NQL или q_0 – нормативное значение группового показателя качества продукции, которое показывает граничное значение показателя качества, определяющее критерий качества [1]). Требования могут быть как согласованны с потребителем, так и установлены в одностороннем порядке.

Процедуры контроля качества продукции представляют собой единую систему согласованных планов и схем контроля, которая практически исключает спорные решения по результатам контроля. Возможность возникновения спорных ситуаций существует из-за статистического характера операций контроля и различной степени заинтересованности сторон.

План СПК (план контроля) – совокупность правил и порядка формирования выборки определенных объемов, получения данных контроля, их обработки, а также правил принятия решений о соответствии или несоответствии контролируемой совокупности продукции требованиям к групповым показателям качества [2].

Основные характеристики планов СПК, которые говорят о достоверности решений, принимаемых по результатам СПК, задаются в одном из двух видов: 1) требования к рискам поставщика (α_0) и потребителя (β_0); 2) требования к уровню доверия (γ , ν) (используется в случае построения доверительных границ, интервалов, множеств).

Риск потребителя при контроле поставщика отражает максимальную вероятность, при которой совокупность продукции, не отвечающая требованиям к ее качеству, будет принята, при заданном поставщиком плане контроля.

Риск поставщика при контроле потребителя отражает максимальную вероятность, при которой совокупность продукции, отвечающая требованиям к ее качеству, будет отклонена, при заданном потребителем плане контроля.

Уровень доверия обозначает вероятность, с которой доверительный интервал (множество), построенный по результатам СПК, покрывает истинное значение группового показателя качества (количественные показатели качества совокупностей продукции).

Схема СПК (схема контроля) – совокупность планов СПК различной степени жесткости и правил переключений с одного плана на другой, основанных на использовании дополнительной информации [2].

Планы и схемы СПК, отвечающие требованиям на ограничения к соответствующим рискам или уровням доверия считаются допустимыми для контроля. Сторона, организующая контроль, имеет право без согласования с кем-либо выбрать конкретные планы и (или) схемы СПК, с условием обеспечения требуемой достоверности решения, которые затрагивают интересы другой стороны (при контроле поставщика должно быть обеспечено заданное (нормативное) значение риска потребителя, при контроле потребителя – значение риска поставщика).

Когда требования задаются в виде рисков, то выбор планов СПК основывается на оперативной характеристике допустимых планов контроля (рис. 1), которая представляет собой зависимость между вероятностью принятия решения (P) о приемке или отклонении совокупности продукции и значением группового показателя качества (q_0) для определенного плана или схемы контроля.

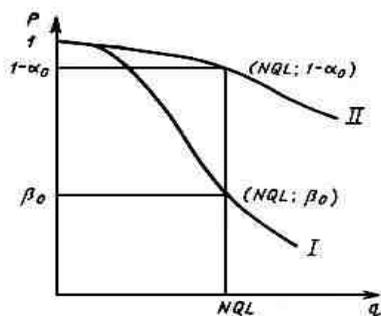


Рис. 1. Оперативные характеристики допустимых планов контроля поставщика (I) и потребителя (II)

Планы, которые выбирает поставщик, должны отвечать условию: оперативные характеристики должны проходить не выше, чем располо-

жена точка с координатами $(NQL; \beta_0)$, что обеспечивает выполнение обязательного требования – ограничения на риск потребителя.

Потребитель выбирает планы, с оперативными характеристиками, проходящими ниже точки $(NQL; 1-\alpha_0)$, что также обеспечивает выполнение обязательного требования – ограничения на риск поставщика.

Когда требования задаются в виде уровня доверия, стороны имеют право выбрать планы, согласно собственным целям, возможностям и критериям оптимальности, соблюдая правила принятия решений:

– контроль поставщика: решение о соответствии принимается, в случае включения доверительного интервала в интервал требуемых значений групповых показателей качества; решение о несоответствии принимается, если хоть одна точка доверительного интервала лежит за пределами интервала требуемых значений групповых показателей качества.

– контроль потребителя: решение о соответствии принимается, если хоть одна точка доверительного интервала лежит внутри интервала требуемых значений групповых показателей качества; решение о несоответствии принимается, в случае непопадания доверительного интервала в интервал требуемых значений групповых показателей качества.

Математически эквивалентными считаются процедуры СПК, которые используют требования к соответствующим рискам, и, которые используют требования к уровню доверия. Поэтому сторона, проводящая контроль, при выборе плана руководствуется только удобством для пользователя.

Таким образом, СПК, проводимый поставщиком, следует рассматривать как доказательство представителю потребителя или самому потребителю правильности данных о качестве продукции. СПК, проводимый потребителем, как доказательство неверности данных поставщика о том, что продукция соответствует требованиям. СПК – контроль, происходящий на основе выборок из совокупности продукции, после проведения которого принимают решение о приемке или отклонении партии, согласно результата контроля этой выборки или выборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50779.30-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования [Текст]. Введ. 1996-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 28 с.
2. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения [Текст]. Введ. 2001-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 42 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВАЛИДАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

П.В. Соколова, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены современные тенденции в валидации образовательной деятельности вузов России. Отражены некоторые способы решения острой и актуальной проблемы – трудоустройства выпускников вузов, посредством расширения взаимодействия образовательных организаций и предприятий-работодателей.

***Ключевые слова:** качество образования, профессионально-общественная аккредитация, образовательный процесс, валидация образовательной деятельности.*

CURRENT TRENDS IN VALIDATION OF EDUCATIONAL ACTIVITIES AT THE UNIVERSITY

P.V. Sokolova, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the current trends in the validation of educational activities of Russian universities. Some ways to solve urgent and pressing problems of employment of graduates through the expansion of interaction between educational institutions and enterprises-employers are described.

***Keywords:** quality of education, public accreditation, educational process, validation of educational activities.*

Командно-административная экономика в СССР, характеризующаяся общественной собственностью, отрицанием рынка, принципом планирования (в том числе государственное определение направлений учебной деятельности), в области образования и поставки специалистов на предприятия руководствовалась принципом распределительной системы кадров. Каждый студент после завершения образовательной программы по своему направлению получал рабочее место на 3 года, что затрудняло

возможность оценки качества образования, полученного в вузе, на этапе самостоятельной деятельности в профессии в этот период.

Переход от командно-административной экономики к рыночной, а затем к инновационной вызвал интерес к человеческому капиталу. Основным ресурсом является человек, а его успех напрямую зависит от качества знаний, полученных им в процессе образования. Появилась возможность оценки деятельности образовательной организации высшего образования путем подсчета выпускников, успешно реализовавших себя в своей профессиональной сфере, а также состоящих на бирже труда или ушедших в другую сферу деятельности. Этот процесс связан с понятием валидации.

Валидация – подтверждение, посредством представления объективных свидетельств, того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены (3.8.13 [1]).

Как следует из определения, валидация является одной из главных составляющих оценки качества результатов образования в вузах, наряду с оценкой:

- качества профессорско-преподавательского состава;
- качества методических пособий, учебников, информационных ресурсов и возможности доступа к ним;
- качества образовательных программ, разрабатываемых вузом, на соответствие нормативным документам и целям образовательной организации (государственная аккредитация);
- качества образовательного процесса (проведение аттестаций, выполнение курсовых и дипломных работ) и т.д.

Возможность копироваться не только на национальном рынке, но и в европейском сообществе появилась благодаря присоединению России в сентябре 2003 года к Болонскому процессу. Основными его принципами являются контроль качества образования и расширение мобильности обучающихся и преподавателей. На этом основании необходимо вспомнить о разделении высшего образования на трехуровневое: бакалавриат, магистратура и аспирантура (адъюнктура). Данное деление легко соотносится с европейскими уровнями обучения, что и обеспечивает мобильность и возможность сравнения полученных знаний, а в купе с остальными принципами – единое европейское пространство высшего образования.

Таким образом, можно говорить о сотрудничестве конкретного вуза не только с работодателями, но и со сторонними образовательными организациями в других странах. Это сотрудничество в рамках валидации должно предусматривать наличие требований со стороны партнера, а выполнение этих требований должно быть подтверждено документально, т.е. «посредством представления объективных свидетельств» [1]. Таким свидетельством может служить диплом о получении высшего образования (для работодателей, с которым были согласованы программы обучения) или

договор, в котором подтверждается соответствие образовательным стандартам вуза иностранного государства. Если сотрудничество со сторонним институтом не является обязательным (хотя в перспективе следует развивать и это направление), то сотрудничество с будущими работодателями должно стоять в приоритете у образовательных организаций.

В процессе обучения в вузе обучающийся приобретает умения и навыки, а также общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции. И в случае разрозненности образовательного пространства и рынка труда государство получает не квалифицированного специалиста, а обученного гражданина, вынужденного искать место применения своих компетенций. По данным статистики Минобрнауки, за 2015 год примерно 20-25% выпускников вузов были нетрудоустроены, а еще около 20% работали не по полученной специальности [2]. Около 65% из них мотивируют это явление неактуальностью полученных знаний для работодателя. Обостряется эта проблема и тем, что выпускники не умеют взаимодействовать с потенциальным работодателем. Часто в этом случае звучит отказ в трудоустройстве по причине отсутствия опыта.

Решением этой проблемы служит сотрудничество организаций-работодателей с образовательными организациями. Оно позволит выпускникам получать теоретические знания вместе с прикладными, а шанс трудоустройства по своей специальности сразу после института с возможностью профессионального роста в силу наличия не только базовых знаний, но и ориентированности выпускника на работодателя, значительно увеличится.

Следует рассмотреть, каким образом сторонняя организация может влиять на различные стадии процесса обучения.

Во-первых, на стадии проектирования основных образовательных программ (ООП): внедрение ООП, разработанных совместно с организациями-партнерами (работодателями или институтами иностранных государств), основанных на согласованных пособиях и учебных материалах; заключение договоров о прохождении практики в организации-партнере.

Во-вторых, в рамках реализации ООП: непосредственное прохождение практики на предприятии с оценкой специалистом уровня готовности выпускника к самостоятельной деятельности; подтверждение уровня соответствия знаний, полученных в процессе подготовки выпускника, к работе в данной организации – рецензирование выпускных квалификационных работ (ВКР); внедрение ВКР на предприятии – подтверждается документально.

В-третьих, на этапе государственной итоговой аттестации: представители предприятий-работодателей в Государственной экзаменационной комиссии готовят отзыв о готовности выпускника к самостоятельной деятельности.

В-четвертых, на всех стадиях образовательного процесса возможно проведение государственной аккредитации, общественно-профессиональной аккредитации (в том числе работодателями) [3].

Согласно статье 96 [4], профессионально-общественная аккредитация (ПОА) основных профессиональных образовательных программ – признание качества и уровня подготовки выпускников, освоивших такие образовательные программы в конкретной организации, осуществляющей образовательную деятельность, отвечающим требованиям профессиональных стандартов, требованиям рынка труда к специалистам, рабочим и служащим соответствующего профиля.

В рамках ПОА, как одного из перспективных направлений оценки качества образования, проводится независимая экспертная оценка деятельности вуза, позволяющая делать выводы о сильных и слабых сторонах образовательных организаций. На сегодняшний день в России представлена 101 организация, проводящая ПОА [5]. Под её внимание попадают:

- определение требований потребителей образовательных услуг (в том числе работодателей);
- учет этих требований при построении образовательных программ;
- внедрение в образовательный процесс передового опыта обучения;
- оценка качества образовательных программ и т.д.

Несомненным плюсом данного института можно считать открытый и добровольный характер прохождения процедуры ПОА, а также повышения престижа вуза, использующего этот институт, служащий не для контроля образования (как государственная аккредитация), а для его развития и совершенствования организации. Однако данное направление также имеет свои «узкие места», к наиболее важным можно отнести трудность совмещения обязательной государственной аккредитации с добровольной ПОА, а также слабую вовлеченность работодателей, объединения которых и должны разрабатывать профессиональные стандарты.

Увеличить внимание работодателя к выпускникам может внедрение принципа дуального обучения, при котором получение теоретической базы в образовательной организации совмещается с непосредственной практикой на предприятии, которое «затачивает» будущего сотрудника под свои цели и нужды. Ярким представителем такого подхода является Германия, где 1-2 дня обучающиеся посвящают вузу, а остальное время учебной недели – практике на предприятии. Эта методика обучения привлекательна для потенциального работодателя тем, что с первых дней обучающийся-практикант имеет высокую мотивацию к деятельности и знаниям, ведь от вложенных усилий зависит его трудоустройство. Несмотря на привлекательность дуального обучения, важно осознавать необходимость глобальной перестройки учебной деятельности в связи со смещением акцента в сторону производственных занятий, в то время, как на деле ситуация об-

стоит в точности наоборот. Введение дуальной системы должно происходить постепенно, без резких переходов, с прочным налаживанием связи между вузом и сообществом потенциальных работодателей.

Таким образом, можно говорить о тенденции оценки качества образовательных услуг вузов не только посредством государственной аккредитации, но и с активным участием работодателей и сторонних образовательных организаций (т.е. ПОО). Налаживание обратной связи с работодателями позволит оценить уровень социальной ответственности, лежащей на вузе и, в случае необходимости, провести корректирующие действия. В результате, выпускники будут обладать не только общими знаниями и компетенциями, но и необходимыми для успешного трудоустройства навыками, а также опытом деятельности, полученном при прохождении практик на предприятии. Все эти меры позволят воспитывать востребованных российских специалистов, успешно конкурирующих на рынке труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 9000:2015 Quality management systems. Requirements [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standards.html>. Дата обращения: 20.02.2019.
2. Рейтинг вузов России: Портал мониторинга трудоустройства выпускников Минобрнауки РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://graduate.edu.ru/>. Дата обращения: 20.02.2019.
3. *Тарасова О.В.* Валидация образовательной деятельности ВлГУ / О.В. Тарасова, Е.Р. Хорошева, Е.П. Мельникова // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8811>. Дата обращения: 20.02.2019.
4. Федеральный закон № 273-ФЗ от 29.12.2012 (ред. от 25.12.2018) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 20.02.2019.
5. Организации, проводящие профессионально-общественную аккредитацию, включенные в перечень Минобрнауки России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://accredpoa.ru/accreditors>. Дата обращения: 20.02.2019.

ФОРМЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА НЕСОБЛЮДЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ

С.Е. Степина, У.М. Кабанова, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются формы и виды ответственности компаний за несоблюдение обязательных требований нормативно-технической документации к качеству товаров, производимых и реализуемых ими.

***Ключевые слова:** технические регламенты, стандарты, ответственность, состав нарушения обязательных требований.*

ENTERPRISES RESPONSIBILITY FORMS FOR NON-COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS TO THE PRODUCTION QUALITY

S.E. Stepina, U.M. Kabanova, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Forms and types of responsibility of the companies for non-observance of obligatory requirements of normative and technical documentation to quality of realized production are considered.

***Keywords:** technical regulations, standards, liability, the composition of the violation of mandatory requirements.*

Одной из самых главных задач руководства организации (предприятия) является обеспечение соответствия производимой продукции установленным требованиям нормативно-технических документов (НТД), которые постоянно обновляются, изменяются на законодательном уровне. Тем не менее, их соблюдение не отменяется и реализуется государственным контролем (надзором). При этом нередко выявляются факты уклонения от следования этим требованиям. В таких случаях предприятия несут ответственность в виде различных штрафов, предписаний, указаний или санкций вплоть до приостановки

их деятельности. Разберемся в вопросе характера выполнения требований НТД.

Обязательны для применения требования к продукции и слугам, связанным с обеспечением требований безопасности, которые содержатся в технических регламентах (ТР). Если в ТР есть ссылка на национальный и (или) межгосударственный стандарт, то и требования этого стандарта становятся обязательными для соблюдения. Не включенные в ТР требования к продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам жизненного цикла, правилам и формам оценки соответствия, правила идентификации, требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения носят добровольный характер применения.

Документы национальной системы стандартизации применяются на добровольной основе одинаковым образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, если иное не установлено законодательством Российской Федерации.

Международные, региональные и межгосударственные НТД применяются на добровольной основе. Условия их применения установлены в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [1].

Применение национального стандарта становится обязательным в случае публичного заявления о соответствии продукции национальному стандарту, в том числе в случае применения обозначения этого стандарта в маркировке, эксплуатационной или иной документации, и (или) маркировки продукции знаком национальной системы стандартизации [2].

Все меры и способы воздействия, применяемые к организациям (предприятиям), должны содержать конкретные сведения о нарушениях обязательных требований нормативных документов, а реализовываться на основании специальных актов проверок. В случае если обнаруженные нарушения можно устранить непосредственно в процессе проверки соблюдения обязательных требований НТД, то предприятиям выдаются предписания об устранении этих нарушений.

Если в результате проведения специальных корректирующих мероприятий, проверок имеется возможность устранить выявленные нарушения в конкретно определенный срок, то предприятиям выдаются предписания о временной остановке поставок, продажи, использования (эксплуатации) проверенной продукции, которая не отвечает обязательным требованиям НТД. Если же выявленные нарушения и несоответствия устранить практически невозможно или крайне сложно, то выдаются предписания уже о полном запрете поставок, продажи и использования такой продукции.

Когда предприятия избегают предъявления изготавливаемой продукции для проверки, им выдаются предписания о запрете реализации этой продукции.

Несоблюдение выданных предписаний о приостановке и запрете реализации несоответствующей продукции, а также за нарушение пред-

писаний о запрете реализации импортной продукции и оказания импортных услуг, которые также не соответствуют обязательным требованиям НТД и не прошли государственную регистрацию, влечет за собой применение штрафов. Размер штрафа зависит от размера стоимости продукции, реализованной в нарушение предписаний за весь период времени, в течение которого нарушались данные предписания. В случае несогласия с данным решением предприятие может и имеет право в течение 15 дней со дня вынесения постановления направить жалобу главному государственному инспектору Российской Федерации по надзору за государственными стандартами и обеспечению единства измерений.

Согласно [1], если в результате несоответствия продукции установленным требованиям НТД причинен вред жизни, здоровью, имуществу, окружающей среде предприятие обязуется возместить причиненный вред, при этом обязанность возместить вред не может ограничиваться договором или заявлением одной из сторон.

К примеру, серьезной проблемой для предприятий, производящих продовольственные товары является контроль над сроками их реализации. Продукты питания, срок годности которых истек, являются некачественными и опасными, следовательно, они не могут быть использованы. Производитель должен в кратчайшие сроки изъять их из оборота самостоятельно или по предписанию контролирующих органов для дальнейшей утилизации либо уничтожения. Но это только в теории. На самом деле, зачастую, производитель, не задумываясь о возможных последствиях, пытается сбыть негодную продукцию неправомерно. Такой обман потребителей влечет за собой наложение административного штрафа.

Здесь можно отметить также такой аспект ответственности как «репутация» компании, бренда и т.д. Если продукт того или иного предприятия полностью соответствует установленным требованиям и характеристикам и данный факт проверен и подтвержден реальным потребителем, то вероятнее всего, он будет пользоваться немалым спросом. Из реальной жизни известно, что потребитель более склонен к приобретению качественного товара по большей цене, чем некачественного по минимальной, если он уверен в его надёжности и безопасности. Поэтому соответствие продукции всем необходимым требованиям обеспечивает компании безупречную репутацию, а вследствие этого и хорошее финансовое состояние. Отсутствие репутации можно отнести к моральной ответственности компании, продукция которой не соответствует обязательным требованиям к качеству.

Все обязательные требования, направленные на обеспечение качества производимой продукции, имеют логическое обоснование, соответствуют развитию науки и техники, что доказывает длительный и сложный процесс разработки и утверждения нормативно-правовых актов (НПА) в этой области, а также постоянное их изменение. Поэтому несоблюдение

или уклонение от соблюдения данных требований влечет за собой зачастую необратимые последствия для потребителей. Именно для этого за нарушение данных требований на самом высоком уровне предусмотрена ответственность. Данная тема особенно актуальна в сложившейся на данный момент рыночной экономике, когда деятельность производителя не всегда направлена на качество, а зачастую на количество.

Формы ответственности предприятий за несоблюдение требований к качеству могут быть гражданско-правового, административного или уголовного характера.

В случае продажи товаров, выполнения работ либо оказания населению услуг ненадлежащего качества или с нарушением требований, установленных законодательством Российской Федерации статьей 14.4 [3] предусмотрены соответствующие административные штрафы.

В том случае, если уполномоченными лицами на проведение проверки на ненадлежащее качество (или с нарушениями) продукции выявлены нарушения, возложены штрафные санкции за повторное совершение административного правонарушения, предусмотрено наложение административного штрафа в двойном размере.

Статьей 19.19 пунктом 1 [3] предусмотрено наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 20 000 до 50 000 рублей и на юридических лиц (ИП, ООО, ОАО и т.д.) – от 50 000 до 100 000 рублей за нарушения в области государственного регулирования обеспечения единства измерений.

В статье 238 [4] говорится о том, что производство и иная деятельность, связанная с продукцией, не отвечающей требованиям безопасности, если она совершена группой лиц, или совершена в отношении товаров, работ или услуг, предназначенных для детей в возрасте до шести лет, или повлекла по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью, либо смерть человека, наказываются:

- либо штрафом в размере до 300 000 рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до 2 лет,
- либо обязательными работами на срок до 360 часов,
- либо ограничением свободы на срок до 2 лет,
- либо принудительными работами на срок до 2 лет,
- либо лишением свободы на срок до 2 лет,
- либо принудительными работами на срок до 5 лет либо лишением свободы на срок до 10 лет.

Уголовная ответственность наступает только вследствие действий установленного лица, повлекших причинение существенного вреда здоровью потерпевшего.

В большинстве случаев это не останавливает как производителей, так и реализаторов товара несоответствующего качества. Также штрафные санкции часто не соответствуют нанесенному ущербу, в том числе и ущербу государства. Для повышения ответственности производителей и посредников между производителями и конечными потребителями за несоблюдение требований к качеству и безопасности продукции, следует пересмотреть ее условия и формы на более жесткие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 20.02.2019.
2. Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О стандартизации в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 20.02.2019.
3. Кодекс Российской Федерации «Об административных правонарушениях» от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 06.02.2019) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 20.02.2019.
4. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 27.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.01.2019) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 20.02.2019.

МЕНЕДЖМЕНТ ЗНАНИЙ: ПРАКТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

П.К. Стороженко, В.А. Селезнева, А.С. Степанова

Научный руководитель – **А.С. Степанова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматриваются преимущества внедрения менеджмента знаний и результат от использования технологий и концепции управления знаниями на предприятиях.

***Ключевые слова:** менеджмент, знания, управление знаниями, технологии, нематериальные активы, интеллектуальные ресурсы.*

KNOWLEDGE MANAGEMENT: PRACTICE AND APPLICATION IN A BUSINESS ENVIRONMENT

P.K. Storozhenko, V.A. Selezneva, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – **A.S. Stepanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article concerns the benefits of implantation of knowledge management and the result of knowledge management technology and concept using in a business environment.

***Keywords:** management, knowledge, knowledge management, technology, intangible assets, intellectual assets.*

В настоящее время в мире каждую минуту происходит большое количество изменений. И без воздействия на человека тут не обойтись. Изменяются люди, технологии, города, изменяется всё вокруг. Самыми быстрыми темпами меняется экономика, без нее жизнь человека будет похожа на хаос. В современном мире невозможно прожить без экономических отношений. Предприятия развиваются, расширяется сфера их влияния, растёт численность персонала. По этой причине в последнее время всё больше требуется специалистов, которые смогли бы управлять работниками и их координировать. Появляется потребность разработки технологий управления знаниями, так как развитие интеллектуальных

ресурсов и нематериальных активов предприятия – важнейшее преимущество перед конкурентами на международном рынке. На помощь в данной ситуации приходит наука под названием менеджмент.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 знания определяются как ресурсы предприятия, которыми необходимо управлять на равных условиях с другими ресурсами для обеспечения её конкурентоспособность путем повышения качества продукции и услуг [1].

Знания, необходимые для реализации процессов в организации:

- патенты, интеллектуальная собственность, товарные знаки и другие нематериальные активы;
- сборники научно-технической документации, которые необходимы для решения производственных вопросов;
- технологии;
- внутренние документы организации;
- базы данных и информационное обеспечение;
- стратегии, планы, которые разработаны на основе информации о внутренней и внешней среде;
- профессиональные навыки, «лучшие практики» и так далее.

Знания, которые используются в организациях:

1. специальные – формируют отличительные способности организации (ноу-хау, исследования рынка конкретной продукции, особая корпоративная культура, специфические методы управления, оригинальные способы мотивации персонала и пр.);
2. общие – знания, которыми обладают аналогичные предприятия в сфере производства (знания о способах производства продукции, о базовых отраслевых технологиях, знание, которое разделяют все организации).

Знания могут основываться как на внутренних (знания, полученные на основе опыта; на результатах, улучшений в технологиях), так и на внешних источниках (стандарты; на знаниях, полученных от потребителей или конкурентов).

Составляющие процесса управления знаниями:

- 1) стимулирование прироста знаний;
- 2) отбор и накопление сведений из внешних источников;
- 3) сохранение, классификация, трансформация, обеспечение доступности знаний;
- 4) обмен знаниями;
- 5) использование знаний в принятии решений;
- 6) оценка и измерение знаний;
- 7) защита знаний.

Способы трансформации знаний:

1. Социализация – перенос неявных знаний от человека к человеку неформальным образом путем их взаимодействия.
2. Экстернализация – перевод неявных личных знаний в явные организационные знания.
3. Комбинация – перенос явных знаний в явные за счет соединения и преобразования существующих знаний в форму, обеспечивающую прямой доступ пользователям.
4. Интернализация – превращение человеком явных знаний в неявные, образование нового прикладного знания.

Данные способы основываются на спирали знаний Икуджиро Нонака и Хиротака Такеучи (рис. 1) [2].



Рис. 1. Спираль знаний И. Нонака и Х. Такеучи

Менеджмент знаний – это систематические процессы, благодаря которым создаются, сохраняются, распределяются и применяются основные элементы интеллектуального капитала, необходимые для успеха организации [3]. В ходе этих процессов предприятия накапливают знания и навыки, чтобы в дальнейшем использовать их в качестве получения конкурентных преимуществ на рынке. Основным моментом в управлении знаниями является поиск и создания связей между людьми, которые обладают наибольшим багажом знаний в конкретной области, у которых есть опыт в интересующей предпринимательской сфере [4].

Менеджмент знаний также можно определить, как возможность превратить нематериальные активы организации в стоимость.

Менеджмент как практическая деятельность реализует следующие функции: накопление, стимулирование, контроль, обмен, руководство персоналом для повышения конкурентоспособности предприятия.

Наука менеджмент впервые появилась в сфере производства, но в настоящее время она распространяется и на образование, медицину, туризм, спорт и так далее. Важная тенденция управления – диверсификация. Она делит виды управления по отраслям (производственный менеджмент, социальный менеджмент и т.д.) и по функциональным подсистемам.

темам управленческой деятельности (стратегический менеджмент, инвестиционный менеджмент, оперативный менеджмент и т.д.).

В условиях быстро меняющегося рынка важно успеть использовать знания, которыми располагает практически каждая организация. Для этого внедряются современные методики управления знаниями, которые позволяют достигать ощутимых бизнес-результатов. Наличие концепции управления знаниями позволяет вывести предприятия на новый качественный уровень ведения бизнеса [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст] Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.
2. Спираль знаний [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sixsigmaonline.ru/blog/2017-02-27-96>. Дата обращения: 10.03.2019.
3. ГОСТ Р 54875-2011 Менеджмент знаний. Руководство по устоявшейся практике внедрения системы менеджмента знаний [Текст] Введ. 2012-09-01. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
4. Гаврилова Т. Извлечение знаний: психологический аспект [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iemag.ru/analitics/detail.php?ID=15862>. Дата обращения: 10.03.2019.
5. Управление знаниями сущность и понятие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/jYMJIfyQsQk/4.html>. Дата обращения: 10.03.2019.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Т.А. Сычева, А.И. Белякова, А.Н. Буланов

Научный руководитель – **А.Н. Буланов**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технология применения и положительные стороны от применения аддитивных технологий в литейном производстве.

Ключевые слова: аддитивные технологии, литейное производство, 3D-принтер, технологический процесс.

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN CASTING INDUSTRY

T.A. Sycheva, A.I. Belyakova, A.N. Bulanov

Scientific Supervisor – **A.N. Bulanov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The technology of application and the positive aspects of the application of additive technologies in the foundry industry are considered.

Keywords: additive technologies, foundry, 3D printer, technological process.

Аддитивные технологии в настоящее время нашли применение во многих сферах промышленности, в том числе и в литейной промышленности.

Роль аддитивных технологий: выращивание моделей и форм путем 3D-печати, что позволяет получить результаты, недостижимые средствами классических технологических процессов.

Прежде всего, перемены привели к снижению производственных расходов, экономии времени и людских, за счет которых литейные предприятия могут получить весомый экономический эффект. В разы сократить сроки изготовления прототипов и литейной оснастки и упростить технологический процесс. Ещё одна важная перемена – это возможность печатать уникальные изделия сложнейших форм и фактур для получения отливок высокого качества, в том числе объекты с более тонкими стенками. При

этом конструкторы и проектировщики могут легко вносить конструктивные изменения в 3D-модели на любом этапе работы, что открывает дополнительные перспективы для изготовления опытных образцов.

Преимущества аддитивных технологий для литейного производства:

- высокая скорость и точность печати;
- идеально гладкие поверхности изделий;
- круглосуточная эксплуатация оборудования;
- применение материалов с качествами, оптимизированными для

конкретных задач [1].

Благодаря 3D-процессам можно забыть о всех минусах традиционного литья. К основным трудностям относятся:

- долгий производственный цикл;
- трудоемкость механической обработки;
- недостаточная точность;
- роль человеческого фактора.

Сегодня 3D-технологии уже успешно применяются на литейных предприятиях за рубежом и в России при создании форм размером до 50 кв. см [2].

Таким образом, применение аддитивных технологий при литье в песчано-глинистые формы имеет следующие явные плюсы по сравнению с классическими методами:

- значительное сокращение производственного цикла;
- нет необходимости задействовать в процессе производства несколько инженеров-технологов или других специалистов;
- на 3D-принтере можно напечатать одновременно несколько изделий.

Литейное производство – один из старейших технологических процессов, известных человечеству. Еще в Бронзовом веке наши предки умели менять агрегатное состояние руды, переплавлять ее в жидкий металл, заливать в форму и получать нужную отливку. В конце XX века с появлением цифрового моделирования и затем с бурным развитием аддитивных технологий, наметились кардинальные перемены.

Несмотря на уже довольно широкое применение аддитивных технологий появляются новые виды принтеров, с помощью которых можно достичь ещё более высоких результатов и создать новые возможности для совершенствования процесса производства, следовательно, и самой продукции.

До внедрения аддитивных технологий технологический процесс выглядит следующим образом, представленном на рис. 1.

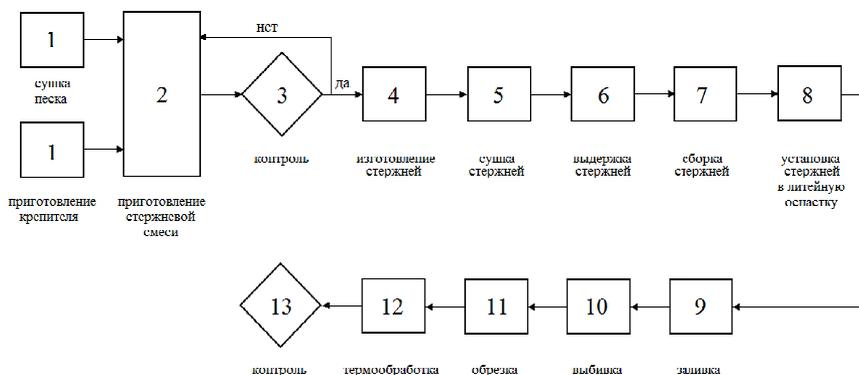


Рис. 1. Технологический процесс изготовления стержней 175.1111005

Рассмотрев рис. 1, представим в табл. 1 ресурсы, необходимые для данного технологического процесса.

Таблица 1. Ресурсы, необходимые для технологического процесса изготовления стержней

№ п/п	Ресурсы	Количество ресурсов
1	Персонал	13 человек
2	Оборудование	10 станков
3	Операции	13 шт.
4	Зарплата 1 рабочего	25 тыс. руб.
5	Время цикла изготовления стержней	15 часов

Установки серии HPRS могут оптимизировать процесс литья в кокиль за счет создания внутренних песчаных стержней высокой сложности конфигурации, позволяя получать высокоточные внутренние полости и избегая трудоемкого этапа механической обработки.

Рассмотрим необходимые ресурсы после внедрения принтера серии HPRS, представленные в табл. 2.

Благодаря внедрению и использованию принтера серии HPRS сокращается время цикла изготовления стержней, а также затраты на персонал и оборудование. Преимуществами создания песчано-полимерных форм и внутренних стержней на установках HPRS являются:

- 1) Расширение возможностей литья.
- 2) Экономия времени
- 3) Экономическая.

4) Пространственная выгода.

Таблица 2. Ресурсы, необходимые после внедрения принтера серии HPRS

№ п/п	Ресурсы	Количество ресурсов
1	Персонал	6 человек
2	Оборудование	6 станков
3	Операции	7 шт.
4	Зарплата 1 рабочего	25 тыс. руб.
5	Время цикла изготовления стержней (в зависимости от сложности)	4,5 часа
6	Общий экономический эффект	2800 тыс. руб.

Габариты деталей, изготавливаемых на установках HPRS, не ограничиваются размерами рабочей зоны. В песчаные формы, произведенные на установках серии HPRS, уже успешно проходило литье алюминия, магния, стали и чугуна [3].

3D-технологии будут все глубже внедряться в производственный цикл классических производств, значительно экономя время и средства. Литье лежит в основе практически всех производственных отраслей (машиностроение, приборостроение, авиация, автомобильная индустрия, судостроение, нефть и газ), поэтому необходимо рассмотреть и изучить, как 3D-печать решает задачи современного литейного производства, позволит улучшить процесс и качество изготавливаемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3D-печать в литейном производстве: лучшее по теме [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blog.iqb-tech.ru/casting-select>. Дата обращения: 03.02.2019.
2. Аддитивные технологии в литейном производстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blog.iqb-tech.ru/additive-technologies-foundry>. Дата обращения: 15.02.2019.
3. Аддитивные технологии в литейном производстве. Промышленная 3D-печать. Пример установок серии HPRS [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://xn--b1afbqhyhj.xn--p1ai/news/15/Additivnye_tehnologii.pdf. Дата обращения: 18.02.2019.

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ (НА ПРИМЕРЕ ПАО РОСБАНК)

И.А. Шалаев, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются методы управления персоналом, применительно к кредитной организации. На основе результатов исследования процесса управления персоналом формулируется предложение о создании кастомизированной методики.

***Ключевые слова:** методы управления персоналом, кредитная организация.*

BACKGROUND OF PERSONNEL MANAGEMENT DEVELOPMENT TECHNIQUES (ON THE EXAMPLE OF PAO ROSBANK)

I.A. Shalaev, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The methods of personnel management in the context to the credit institution are considered. There is a proposal is being made to create a customized methodology based on the results of the personnel management process research

***Keywords:** personnel management techniques, credit organization.*

Обеспечение качества в организации строится на функционировании нескольких основополагающих критериев (персонал, процессы и методики, ресурсы, оборудование). Наиболее сложным и требующим основательного подхода к управлению является персонал. Важность роли человеческих ресурсов неоспорима, ведь именно они ответственны за успех и являются олицетворением бренда.

Управление персоналом представляет собой область знаний и сферу практической деятельности, которые призваны повысить профессио-

нальную эффективность сотрудников. Основные методы представлены в табл. 1 [1].

Таблица 1. Методы, используемые на этапах управления персоналом

Этап управления персоналом	Используемые методы
Планирование трудовых ресурсов	Расчёт численности рабочих: по трудоёмкости работ; по нормам выработки; по рабочим местам на основе норм и зон обслуживания.
Подбор	Рекрутинг; Exclusive search; Head hunting; Preliminarying.
Отбор	Сбор данных о претендентах; краткое телефонное интервью; структурированное, свободное, ситуационное интервью; групповое собеседование; ассесмент-центр; психологические тесты; профессиональные; проверка навыков и умений.
Разработка системы оплаты труда (мотивация)	Планирование фонда заработных плат; материальное стимулирование, нематериальное стимулирование; льготы.
Адаптация	Неформализованное сопровождение; проведение мероприятий; «корпоративный PR»; командный тренинг; организационная адаптация; инструктаж в подразделениях; «папка новичка»; интернет-сайт.
Обучение	Лекции; семинары; тренинги; наставничество; дистанционные курсы; деловые игры; баскет-метод; смешанное обучение.
Оценка	Матричный метод, «360 градусов»; система произвольных характеристик; групповая дискуссия, оценка выполнения задач; балльная и свободной балльная оценка; ранжирование.
Перемещение	Горизонтальное; вертикальное.
Менеджмент карьеры	Карьерный самоменеджмент; бюрократическое; институциональное; стратегическое.

Каждая развивающаяся компания старается использовать известные подходы как в оригинальном виде и адаптированном, так и разрабатывать собственные.

Одной из таких организаций является яркий представитель российского банковского сектора – ПАО «Росбанк», включен центральным банком Российской Федерации в 11 системно значимых кредитных организаций России. На данный момент является частью французской группы Societe Generale.

ПАО «Росбанк» отличается активным применением собственных практик, направленных на этапы подбора (оформление соискателем видео анкеты перед первым очным собеседованием) и обучения (руководя-

щий состав проходит в собственном университете Росбанка), а также планирование трудовых ресурсов (развитие направления agile, запуск в работу инновационного центра РОСТ в Нижнем Новгороде) [2].

Руководство кадровой службы предпринимает попытки внедрения новых методик, одной из таковых является геймификация. Преобразование целей и задач в подобие игры и дружеского соперничества крайне недооценивается во многих организациях. Геймификация считается новым инструментом мотивации, который требует детального подхода. К сожалению, опыт подобного рода мероприятий не увенчался успехом в рассматриваемой организации на окончание 2018 года. Последней попыткой было проведение тематической игры, посвященной чемпионату по футболу (в ходе игры офисы были разделены на команды, назначены «тренера», а также создана сетка плей-офф). Главной ошибкой при применении основ геймификации стало принудительное участие, что противоречит основам данного метода.

В ходе исследования ПАО «Росбанк», проведенного в 2018 году, были получены следующие ключевые результаты, представленные в процентах на рис. 1.



Рис. 1. Ключевые результаты проведенного исследования

Для средних значений каждой группы имеются диапазоны: 85-100% удовлетворительные значения; 60-85% менее удовлетворительные; 40-60% неудовлетворительные; ниже 40% крайне неудовлетворительные.

Помимо указанного выше, около 61% опрошиваемых сообщили о недостатке правовых знаний; о недостатке знаний в области финансов и банковской деятельности сообщили 48% сотрудников. Руководители и

78% рядовых сотрудников указали на необходимость повышения уровня знаний в области менеджмента человеческих ресурсов.

Согласно полученным результатам можно сделать вывод, что применяемые методы управления персоналом недостаточно работоспособны.

Для решения, сложившейся ситуации рекомендуется создание кастомизированной методики в области управления персоналом. Среди основных критериев стоит выделить учет: индивидуальных особенностей сотрудника; занимаемой должности; уровня подготовки, образования, навыков и знаний; типа офиса; особенностей рабочего места; трудового климата в организации.

Таким образом, с помощью создания индивидуальной методики возможно стабилизировать имеющуюся ситуацию, исключить вероятность ухудшения результатов использования установленных методов управления персоналом, а также улучшить результативность применения уже используемых методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучшие HR-практики, не теряющие актуальности / Директор по персоналу – практический журнал по управлению человеческими ресурсами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hr-director.ru>. Дата обращения: 15.02.2019.
2. Официальный сайт ПАО Росбанк [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rosbank.ru>. Дата обращения: 15.02.2019.