

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

**Семьдесят пятая всероссийская  
научно-техническая конференция  
студентов, магистрантов и аспирантов  
с международным участием**

**Часть 2**

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль  
2022

© Ярославский государственный технический университет, 2022

ISBN 978-5-9914-0955-1

УДК 378:001.891  
ББК 74.58  
С30

**С30 Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием.** 20-21 апреля 2022 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. – 795 с. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

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

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

Программное обеспечение:  
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat

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

Редакционная коллегия: Е.О. Степанова, И.Г. Абрамов, С.И. Волгин, Д.Д. Бахаева, Е.Ю. Вавилова, В.Б. Доброхотов, А.С. Ермишин, М.Н. Кюребекова, М.А. Майорова, Н.Л. Маркелова, Д.И. Казюлина, А.С. Морев, А.А. Павлов, К.И. Порсев, П.Б. Разговоров, Т.А. Сиротина, А.В. Соколов, А.Ю. Соколов, Л.А. Тюкина, С.В. Шкиотов, В.С. Федотов

Редактор Л.С. Кокина

Ответственные за электронные издания: М.А. Канакотина, Л.С. Кокина

Подписано к использованию/размещению на сайте  
18.04.2022/19.04.2022  
Объем издания: 19,97 Мб  
Комплектация издания 1 CD-ROM

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

Контактный телефон: 8 (4852) 44-12-70

Сборник конференции включает материалы следующих секций:

### Часть 1

1. Химия и химические технологии
2. Промышленная экология
3. Физико-математические науки
4. Наземные транспортно-технологические комплексы
5. Дорожный и автомобильный транспорт
6. Энергетическое машиностроение

### Часть 2

- 1. Машиностроение**
- 2. Материаловедение и технология материалов**
- 3. Автоматизация в производственной и непромышленной сферах**
- 4. Промышленное и гражданское строительство и транспорт**
- 5. Архитектура и дизайн**
- 6. Стандартизация, метрология и сертификация**
- 7. Управление качеством**

### Часть 3

1. Информационные технологии
2. Экономика и управление
3. Инженерно-педагогическое образование
4. Гуманитарные науки
5. Лингвострановедение и переводоведение
6. Из школы – в ЯГТУ: территория будущего (секция для старшеклассников)
7. Колледж - вуз: грани взаимодействия

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

1	<b>И.В. Орлова.</b> ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ В ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ	18
2	<b>В.С. Иванов.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАСЧЁТЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ	22
3	<b>М.А. Удальцов.</b> МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ	26
4	<b>А.В. Михрютин, В.И. Кошкин.</b> СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	30
5	<b>П.И. Синодеева.</b> ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	34
6	<b>Д.И. Блёскин, М.С. Ермаков.</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ В МОДЕЛИ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЯЧЕЙКИ	39
7	<b>Р.А. Молчанов, А.А. Кулебякин.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ В SPRUTSAM РОБОТ 14	42
8	<b>С.А. Герасимов, Н.А. Гладышев, А.А. Кулебякин.</b> ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ РОБОТ С МАНИПУЛЯТОРОМ MINI ARM	46
9	<b>Ю.И. Владимиров, А.М. Шапошников.</b> СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО ПОСОБИЯ «КИНЕМАТИКА СТАНКА СПС-01»	51
10	<b>Е.А. Никифоров, Н.Н. Лиханов, К.А. Теленков, А.В. Греков.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕМОНТ СТАНЦИИ ПОДАЧИ И ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА 3Г71М	55
11	<b>Р.А. Молчанов, А.М. Шапошников.</b> СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТОКАРНОГО СТАНКА	58
12	<b>А.С. Балмасов, Д.А. Езжев, О.Н. Калачев.</b> РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AR-ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ ЯЗЫКОВ HTML И JAVASCRIPT	62
13	<b>И.В. Диев, Н.С. Пасичниченко, О.Н. Калачев.</b> К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБНЫХ ДОСОК ТЕПЛООБМЕННИКОВ	68
14	<b>Д.А. Езжев, О.Н. Калачев.</b> РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО СБОРКЕ В СРЕДЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UNITY И VUFORIA ENGINE	72

15	<b>К.С. Леон, О.Н. Калачев.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	79
16	<b>И.Д. Селиванов, О.Н. Калачев.</b> РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОХОДА	85
17	<b>А.А. Сопов, Н.С. Морозов, Д.А. Калачева.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРАФАРЕТОВ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ВЫПУСКАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ	91
18	<b>Е.А. Тарловский, А.Д. Волков, О.Н. Калачев.</b> К ВОПРОСУ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ В СРЕДЕ САД/САМ СИМАТРОН	95
19	<b>А.Ю. Тихова, О.Н. Калачев.</b> ОПЫТ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	101
20	<b>Е.А. Чернолихов, Е.А. Тарловский, О.Н. Калачев.</b> КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА КУЛАЧКА НИЖНЕГО ПОЛЗУНА	107
21	<b>А.Ю. Тихова, А.М. Шапошников.</b> РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 514 ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА	113
22	<b>Н.И. Викторов, И.И. Верлока, А.В. Грызунов, Д.М. Веденеев.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ В ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»	118
23	<b>Р.А. Молчанов, Н.В. Бадаева.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЛКИ НАИМЕНЬШЕГО ОБЪЕМА СО СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	121
24	<b>Д.Д. Николаенков, И.С. Шеронина.</b> АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КРУЧЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	126
25	<b>С.Н. Черпицкий, П.М. Смирнов, М.Ю. Таршис.</b> О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ЕГО СГЛАЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ	132
26	<b>П.М. Смирнов, М.Ю. Таршис.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕСУРС ФИЛЬТРА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ	136
27	<b>Ю.И. Владимирев, А.М. Шапошников.</b> ПРОВЕРКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ	140
28	<b>Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.</b> ЦИФРОВОЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ	144

29	<b>Д.Е. Голубев, А.И. Иванов, И.А. Стогов, А.Б. Капранова.</b> КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛАПАНА ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТИПА	148
30	<b>А.А. Дудко, Д.А. Назимова, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова.</b> КЛАПАН РЕГУЛИРУЮЩИЙ S-ОБРАЗНЫЙ: ПРЕИМУЩЕСТВА КОНСТРУКЦИИ	151
31	<b>К.С. Дунина, Н.С. Лашевский, И.И. Чубко, А.Б. Капранова.</b> КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ЗАПОРНОГО КЛАПАНА НА ПРИМЕРЕ УСТРОЙСТВА ПРЯМОТОЧНОГО ТИПА	154
32	<b>С.А. Жеребцов, О.В. Мишанин, Р.Г. Фазлетдинов, А.Б. Капранова.</b> РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН С ДЕЛИТЕЛЕМ-ПРУЖИНОЙ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ	157
33	<b>А.И. Иванов, Д.Е. Голубев, В.А. Есипов, А.Б. Капранова.</b> КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХПЛУНЖЕРНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА	160
34	<b>Л.С. Изумрудов, А.В. Сажин, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ОСЕВОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА	163
35	<b>Н.С. Лашевский, К.С. Дунина, О.И. Верлока, А.Б. Капранова.</b> КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА	166
36	<b>О.В. Мишанин, С.А. Жеребцов, Р.Г. Фазлетдинов, А.А. Лешанов, А.Б. Капранова.</b> КЛАПАН ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЙ S-ОБРАЗНЫЙ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ	169
37	<b>Д.А. Назимова, И.А. Стогов, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова.</b> КЛАПАН С ВНЕШНИМ ЗАПИРАЮЩИМ ОРГАНОМ: ПРЕИМУЩЕСТВА КОНСТРУКЦИИ	172
38	<b>А.В. Сажин, Л.С. Изумрудов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ S-ОБРАЗНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА	175
39	<b>Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова.</b> ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СМЕШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ	178
40	<b>Д.В. Федорова, А.В. Ермолов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.</b> СМЕСИТЕЛЬ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ	182
41	<b>Н.В. Куликов, Д.С. Долгин, И.С. Гуданов.</b> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК АКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА	186
42	<b>Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов.</b> ПОДБОР РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	190

43	<b>А.А. Лешанов, И.А. Иванов, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЖЕКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТКАЧКИ ЖИДКИХ СТОКОВ	196
44	<b>А.А. Лешанов, И.А. Иванов, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин.</b> РАЗРАБОТКА ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА КРЫШКИ КОЖУХА ТЕПЛООБМЕННИКА С ПЛАВАЮЩЕЙ ГО- ЛОВКОЙ ПОВЫШЕННОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ	200
45	<b>И.А. Иванов, А.А. Лешанов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин.</b> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГРАВИТАЦИОННО- ИНЕРЦИОННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ	204
46	<b>И.А. Иванов, А.А. Лешанов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин.</b> РАСЧЁТ МЕХАНИЗМА САМООЧИСТКИ СЕТЧАТОГО ФИЛЬТРА	208
47	<b>Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО- ЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ПОЛИ- МЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ СОЭКСТРУЗИИ	212
48	<b>А.А. Боровков, Е.А. Шлякова, А.В. Проворов.</b> МЕТОД И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА КОР- ПУСНЫХ ОПОР	216
49	<b>Т.М. Сибрина, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.</b> АППАРАТ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ	221
50	<b>В.А. Тихомиров, А.А. Боровков, А.В. Проворов.</b> ЧИС- ЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕГУЛИРУЮ- ЩЕГО КЛАПАНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ	225
51	<b>Е.А. Шлякова, А.А. Большаков, А.В. Проворов.</b> МЕТО- ДИКА ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА ПОДВИЖНЫХ КОРПУС- НЫХ ОПОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ	230
52	<b>А.А. Муйдинов, Э.В. Коробоев, Ш.У. Джураев, А.А. Ахун- баев.</b> ГИДРОДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ	235
53	<b>Р.Х. Миршарипов, Х.А. Хакимов, И.И. Улмасов.</b> ВЛИЯ- НИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ТЕМПЕ- РАТУРУ МАТЕРИАЛА В БАРАБАНЫХ СУШИЛКАХ	240
54	<b>А.М. Тюсин.</b> СОЗДАНИЕ ПЕРЕДВИЖНОГО ТУРБОАГ- РЕГАТА	244
<b>СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»</b>		
55	<b>Е.В. Александров, Е.О. Побегалова.</b> БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПОЛИЛАКТИДА (PLA), ИСПОЛЬЗУЕМО- ГО В МЕДИЦИНЕ, И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКО- РОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ	246

56	<b>А.А. Алферов, В.А. Алов.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ	254
57	<b>П.Е. Бакланов.</b> ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТОВАННОГО СЛОЯ НА ИЗНОС РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРЕН КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	257
58	<b>А.Е. Виноградов, Е.Н. Фуртова.</b> АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	260
59	<b>М.А. Вольхина, Е.А. Ленивцева, Н.В. Филатова.</b> ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ИМИТИРОВАНИЯ «СЕЛАДОНА» С ПОМОЩЬЮ ПОДОБРАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПРОБ	264
60	<b>К.А. Ганичкина, Н.В. Латухина, О.А. Львова, Н.П. Козлов.</b> ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ КАК МАТЕРИАЛА БИОСЕНСОРА	268
61	<b>Н.В. Куликов, Д.С. Долгин, И.С. Гуданов.</b> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК АКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА	272
62	<b>А.О. Макаров, В.А. Алов.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ	276
63	<b>В.А. Сергеева, М.П. Петрова.</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА	280
64	<b>А.А. Тарачева.</b> КОРРОЗИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	284
65	<b>В.Д. Тележкин, Т.Д. Стоянова.</b> АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ	289
66	<b>Н.В. Филиппов, Р.О. Хватов, В.А. Алов.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	293
67	<b>Р.О. Хватов, В.А. Алов.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАСС В ОРУЖЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	298
68	<b>Е.Д. Чучмарь, М.П. Петрова.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ	301
69	<b>А.А. Шеншова.</b> О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ	304

## СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ»

- 70 **А.Е. Беляев, И.Н. Паламарь.** ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФРАКТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ 308
- 71 **М.А. Веселов, О.Ю. Марьясин.** ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СЕТИ SMART GRID 312
- 72 **П.А. Данилов, О.Ю. Марьясин.** КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАРТАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ 316
- 73 **Д.М. Кабаев.** МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА 320
- 74 **Т.А. Коликова, Ю.В. Васильков.** РОЛЬ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ 325
- 75 **Е.С. Кудряшова, Ю.В. Васильков.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ОБРЕЗИНЕННОГО ТЕКСТИЛЬНОГО КОРДА 329
- 76 **О.А. Мартынова, Ю.В. Васильков.** ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ БРЕКЕРА ШИН 333
- 77 **П.С. Савенко, А.Е. Савенко.** АВТОМАТИЗАЦИЯ ЕДИНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ С ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ 337
- 78 **Н.А. Смирнов, О.Ю. Марьясин.** ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНОГО ПРОФИЛЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ 341
- 79 **Л.И. Тихомиров, О.Ю. Марьясин.** АНАЛИЗ ПРОФИЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯГТУ 345

## СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ТРАНСПОРТ»

- 80 **Е.С. Егоров, С.В. Самченко.** ВОЗМОЖНОСТЬ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ В БЕТОНЫ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ 349
- 81 **А.Б. Османов, С.В. Самченко, М.А. Абрамов.** ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОНАПРЯЖЕННОГО АППАРАТА УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ 353
- 82 **С.Е. Фомичева.** ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ВНУТРЕННИХ ОГРАЖДЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ 357
- 83 **У.Д. Панова.** ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ 360

84	<b>Д.О. Лузянин, И.С. Казакова.</b> УСИЛЕНИЕ СТЕН СРЕТЕНСКОЙ ЦЕРКВИ С ПОМОЩЬЮ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ	363
85	<b>Е.А. Юнина.</b> О ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ШУМА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ КВАРТИР	367
86	<b>А.А. Шеншова.</b> О ВОПРОСЕ ЗВУКОВОГО КОМФОРТА В НОВЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ	370
87	<b>Н.А. Харинский, И.С. Казакова.</b> К АНАЛИЗУ ПРИЧИН ОБРУШЕНИЯ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ	373
88	<b>А.В. Куликов, М.А. Абрамов.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ РЕМОНТА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	377
89	<b>С.В. Корнев, М.А. Абрамов.</b> ОГНЕСТОЙКОСТЬ СИСТЕМ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ	380
90	<b>Ю.А. Котов, М.А. Абрамов.</b> ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ УХОДА ЗА БЕТОНОМ С УСКОРИТЕЛЕМ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ	384
91	<b>А.С. Колдин, М.А. Абрамов.</b> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ	388
92	<b>Д.А. Измалков, В.Б. Доброхотов.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА СВОЙСТВА ПРЕССОВАННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ	391
93	<b>А.А. Журавлёв, В.Б. Доброхотов.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ЦВЕТНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	394
94	<b>М.В. Гнездов, В.Б. Доброхотов.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	398
95	<b>А.С. Гордиенко, Г.Н. Голубь.</b> РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ ЗДАНИЯ С МОНОЛИТНЫМ КАРКАСОМ	402
96	<b>П.П. Буралков, Д.С. Дехтерев.</b> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТРЕЩИН МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	406
97	<b>А.Д. Орлова, А.Л. Балушкин.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕРЕГООУКРЕПЛЕНИЯ	411
98	<b>А.А. Петренко, М.А. Назенцев, Д.Д. Хабитов, А.И. Петров.</b> РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ	416
99	<b>Ю.В. Силаева, В.И. Бессолова, С.А. Тумаков.</b> ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ	420

- 100 **В.И. Бессолова, Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков.** ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОБЩУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ 424
- 101 **А.А. Беседин, А.Л. Балушкин.** ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ 429
- 102 **А.В. Капустина, А.Л. Балушкин.** ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВЪЕЗДНЫХ РАМП ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ПАРКИНГОВ 435
- 103 **Д.А. Максеева, А.Л. Балушкин.** ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ НА ОБЪЕКТЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «ГРЭС ЛЯПИНСКАЯ» г. ЯРОСЛАВЛЯ 440
- 104 **А.С. Агеев, С.А. Тумаков.** МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННЫХ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В SCAD 444
- 105 **Н.А. Акельев, А.Л. Балушкин.** СОВРЕМЕННЫЕ МАНСАРДНЫЕ КРЫШИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ 449
- 106 **Д.А. Сворин, А.Б. Лебедев.** ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОДНОСЛОЙНОГО ОГРАЖДЕНИЯ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИ ДИФFUЗНОМ ПАДЕНИИ ЗВУКА 453
- 107 **Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев.** ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 458
- 108 **Н.В. Карсаков, А.Б. Лебедев.** АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ 462
- 109 **А.А. Баруздин, А.Б. Лебедев.** КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ДИСПЕРСНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ КРОВЕЛЬ 466
- 110 **Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев.** ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ В ЗДАНИЯХ г. ЯРОСЛАВЛЯ 470
- 111 **С.А. Манухина, А.А. Лучкина, А.Н. Басов.** ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ 476
- 112 **И.А. Багров, В.М. Дудин.** РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПРОПЕЛЯ 480
- 113 **А.А. Баласаян, А.В. Калинин.** ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ОБХОДА г. ЯРОСЛАВЛЯ 484

- 114 **Г.А. Бачинский, А.В. Калинин.** АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУТАЕВСКОГО РАЙОНА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ В СООТВЕТСТВИИ С ЦЕЛЯМИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 489
- 115 **К.Н. Белов, Д.В. Герасимов.** ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ И ИНДЕКСА ПЕНЕТРАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВТОРИЧНЫМ ПЭТФ НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА 494
- 116 **И.А. Бессонов, А.В. Симонова.** ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ 500
- 117 **А.Е. Богдокевич, К.С. Ильина.** ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА КАМПУСА УНИВЕРСИТЕТА ВОКРУГ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ В, Ж, К, С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ 504
- 118 **А.Г. Вардамян, К.С. Ильина.** ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 512
- 119 **В.А. Галибина, К.А. Куликова.** ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЯЧЕЙКИ НА ЗАКЛИНИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ИННОВАЦИОННОЙ 3D-ГЕОРШЁТКИ 518
- 120 **Р.А. Дубов, А.В. Калинин.** ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ВВЕДЕНИЕМ СЕМЯН БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО 522
- 121 **О.Е. Карасева, Д.В. Герасимов.** ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛЕВОГО И ГИПСОВОГО ОСАДКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПАО «СИБУР ХОЛДИНГ» В СОСТАВЕ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ 526
- 122 **Д.М. Ласточкин, А.В. Калинин.** ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОДОВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЦМА 531
- 123 **Д.П. Маслов, В.М. Дудин.** «ТОЩИЙ» ЦЕМЕНТОБЕТОН С ДОБАВКОЙ ИЗ САПРОПЕЛЯ ОЗ. НЕРО 534
- 124 **Н.М. Пешков, В.М. Дудин.** ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОЙ СЕГРЕГАЦИИ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА ИЗ ХОЛОДНОЙ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ 538
- 125 **А.С. Смирнова, А.К. Прозоров, К.А. Куликова.** МОДИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ КОМПАУНДОМ КАУЧУКА БНКС-28АМН С СЕМЕНАМИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО 541
- 126 **Д.О. Тюльпинов, В.А. Денисов., Е.С. Буданова.** ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БРАУНШВЕЙГСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В ОБЛАСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЯЖУЩЕГО 545

127	<b>А.М. Тюрин, А.К. Полищук, Е.С. Буданова.</b> О ВОПРОСАХ НЕСОВЕРШЕНСТВА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ РФ В ОБЛАСТИ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА	554
128	<b>О.С. Чанова, О.К. Буркова, К.А. Куликова.</b> ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ВЫСОКОПРОЧНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ	560
129	<b>В.А. Шуваев, А.В. Калинин.</b> РАЗРАБОТКА СОСТАВА СИЛИКАТНОЙ КРАСКИ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ	565
130	<b>А.А. Игнатъев, Н.С. Бурдаева.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ	569
131	<b>А.А. Игнатъев, Н.С. Бурдаева.</b> ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛЕЙ	573
132	<b>Н.Е. Кичигин, А.А. Игнатъев.</b> УСТАНОВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	577
133	<b>В.А. Шилов, А.А. Игнатъев, Т.В. Погодина.</b> АНАЛИЗ МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ О СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	581
134	<b>В.А. Шилов, А.А. Игнатъев.</b> КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ СРАВНЕНИИ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ	586
135	<b>В.А. Шилов, С.А. Тумаков, А.А. Игнатъев.</b> АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ФУНДАМЕНТА И НАВЕСА ВЕЛОСИПЕДНОЙ ПАРКОВКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА SCAD	590

#### **СЕКЦИЯ «АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН»**

136	<b>А.С. Кокуева, С. Аль Убед, Т.А. Сиротина.</b> ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА КАК ГЛАВНОЙ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА: ЦЕРКОВЬ ЧИЕСА ДИРУТА, ИТАЛИЯ	596
137	<b>А.А. Бурова, Т.А. Сиротина.</b> ГЕНИЙ МЕСТА КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА	601
138	<b>Е.Р. Рысаков, Д.А. Турбин.</b> ОБЩИННОЕ ПОСЕЛЕНИЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	605
139	<b>Д.О. Павлова, А.М. Смирнова, Н.Н. Кудряшов.</b> ПРОБЛЕМЫ ВНУТРИКВАРТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЦЕНТРА г. ЯРОСЛАВЛЯ	610
140	<b>В.В. Кукушкин, Н.Н. Кудряшов.</b> ЦВЕТ В АРХИТЕКТУРЕ	614

- 141 **С.В. Зюбина, Н.В. Хомутова.** ПРОЕКТ ЭКО-ДЕРЕВНИ В СВАНЕТИИ 617
- 142 **А.А. Ладыгина.** АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРИЮТОВ 621
- 143 **В.Д. Константинова, Н.В. Хомутова.** БИОАДАПТИВНЫЕ ОБОЛОЧКИ В АРХИТЕКТУРЕ 625
- 144 **Е.П. Кириллова, Н.В. Хомутова.** ИСТОРИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ НАРОДА СВАНЕТИИ В АРХИТЕКТУРЕ 629
- 145 **А.И. Барабанщикова, С.В. Расторгуев.** БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ 633

#### **СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

- 146 **Р.С. Горшков.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ 637
- 147 **А.С. Жаднова, С.А. Соловьёва.** ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 640
- 148 **Н.А. Костенко, Д.И. Казюлина.** РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ 644
- 149 **О.Н. Кочурова, Д.И. Казюлина.** РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ 648
- 150 **В.А. Крылова, А.П. Чирков.** МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 653
- 151 **М.С. Кузнецов, А.А. Беспалова, А.Н. Попков.** АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ 658
- 152 **Д.А. Муратов.** СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 662
- 153 **М.Н. Старостина.** К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН 665
- 154 **Е.А. Устинова.** ВЫБОР ОТСЕЧКИ ШАГА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ 669
- 155 **А.Д. Шолупов, Е.П. Кондратьева.** МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ В ПРОГРАММЕ RANGE VISION SCAN CENTER NG 673

## СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

- 156 **Т.А. Аксенова, Е.М. Шастина.** АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ 676
- 157 **Н.С. Арихина, Е.М. Шастина.** ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ ВНУТРЕННИХ АУДИТОРОВ В КОМПАНИИ ООО «ЗАВОД МАРКОН» 680
- 158 **В.В. Василевская, Н.А. Самосюк.** КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ 684
- 159 **И.М. Вьюгина, А.С. Ермишин.** ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА 687
- 160 **Я.В. Галахова, Е.Э. Потапов, Е.О. Ермолаева.** ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ 692
- 161 **П.В. Готишан, С.А. Царева.** МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА 697
- 162 **В.М. Гулин, Е.М. Шастина.** ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ 701
- 163 **П.Е. Евдокимова, Я.В. Галахова, Е.Н. Маркасова, Е.Э. Потапов.** ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 705
- 164 **Е.Н. Еремеева, А.Н. Буланов.** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ИНСТРУМЕНТАМИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ» 709
- 165 **М.В. Жигалова, И.В. Иванова.** ВНУТРЕННИЙ АУДИТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ 712
- 166 **Е.А. Змеева, К.В. Некипелова, Е.М. Шастина.** ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ 716
- 167 **А.А. Иванова, С.А. Царева.** ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА 720
- 168 **П.В. Касаткин, А.С. Ермишин.** ПРИМЕНЕНИЕ МОЗГОВОГО ШТУРМА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ 725
- 169 **Д.А. Котова, И.В. Иванова.** КАЧЕСТВО КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ 729
- 170 **Е.С. Лебедев, Н.И. Кулева.** КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО 732
- 171 **Н.А. Леванов, Е.М. Шастина.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ 735

- 172 **Т.С. Лопаткина, С.А. Царева.** ДОБРОВОЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ОБНОВЛЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ ISO/IEC 17025-2019: РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ 739
- 173 **Е.Н. Маркасова, П.Е. Евдокимова, Е.О. Ермолаева.** ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ НА МОЛОЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 742
- 174 **Е.С. Маслова, И.В. Иванова.** К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» 746
- 175 **О.Е. Румянцев, А.С. Ермишин.** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШВП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА 748
- 176 **А.А. Сахарова, С.А. Царева.** КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ АО «ДАНИЛОВСКИЙ МАСЛОСЫРЗАВОД» 752
- 177 **В.А. Селезнева, С.А. Царева.** ПРЕДПОСЫЛКИ АДАПТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКС-СЕРТИФИКАЦИИ 757
- 178 **Е.Е. Смирнова, С.А. Царева.** НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ В ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС» 761
- 179 **С.Е. Степина, У.М. Кабанова, А.С. Ермишин.** ОПИСАНИЕ СХЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА РОБАСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСЛУГ В СЕРВИСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ «ТРАКТОРОЦЕНТР» 766
- 180 **А.А. Сурова, Е.М. Шастина.** СЕРТИФИКАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 771
- 181 **А.А. Тчанникова, Е.М. Шастина.** СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕЕ СЕРТИФИКАЦИЯ 774
- 182 **П.А. Уваровская, А.С. Ермишин.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ARIS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОАО «РЖД» 778
- 183 **П.А. Уваровская, С.А. Царева.** РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ МЕТОДОЛОГИИ ARIS ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ОАО «РЖД» 783
- 184 **М.А. Удальцов, Д.А. Богданов.** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ 788
- 185 **А.А. Шашкина, И.В. Иванова.** К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ 793

## СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

УДК 62-77

### ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ В ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**И.В. Орлова**

Научный руководитель – **Д.А. Богданов**, ст. преподаватель

Вологодский государственный университет

*Существует множество способов сушки влажного древесного материала. В статье рассмотрены особенности сушки древесных материалов токами высокой частоты. Приведены физические явления, которые характерны для данного метода для сушки древесины.*

**Ключевые слова:** *древесина, прочность, температура, режим сушки, токи высокой частоты, влажность, влагоперенос*

### PHYSICAL PHENOMENA WHEN DRYING WOOD IN A HIGH FREQUENCY FIELD

**I.V. Orlova**

Scientific Supervisor – **D.A. Bogdanov**, Senior Lecturer

Vologda State University

*There are many ways to dry wet wood material. The article discusses the features of drying wood materials with high frequency currents. The physical phenomena that are characteristic of this method for drying wood are given.*

**Keywords:** *wood, strength, temperature, drying mode, high frequency currents, humidity, moisture transfer*

Необработанная древесина содержит значительное количество влаги, обладает деформируемостью и недостаточной прочностью. Чтобы придать ей достаточную механическую прочность, ее необходимо высушить. В процессе сушки происходит изменение технологических свойств материала и ряд важных явлений, вызываемых повышением температуры и удалением влаги. Так, при сушке древесины и других влажных древес-

ных материалов наблюдается усадка изделия. Поэтому для каждого материала и изделия надлежит устанавливать определённый оптимальный режим сушки, т. е. допускаемую скорость сушки, температуру материала и параметры сушильного агента, которые обеспечивали качественную сушку [1].

Процесс сушки характеризуется следующими основными факторами: скоростью перемещения влаги внутри материала, скоростью влагоотдачи с поверхности материала в окружающую среду и усадочными напряжениями, обусловленными неравномерным распределением влажности внутри материала [2].

В пористых материалах, каким и является древесина, подвергаемых сушке, влага в виде жидкости и пара перемещается по порам и капиллярам к поверхности. На поверхности материала происходит испарение влаги и удаление ее в окружающую среду. Процесс испарения и удаления влаги с поверхности изделия идет в основном за счет диффузии. Ее скорость зависит от параметров теплоносителя – температуры, влажности и скорости его движения относительно высушиваемого изделия. Чем выше температура, скорость и меньше влажность теплоносителя, тем больше поток диффундируемых газов. Перемещение влаги из глубинных слоев на его поверхность идет за счет явления электроосмоса, т.е. выдавливания влаги за счет электромагнитных волн, и за счет высокой температуры материала, которую создают токи высокой частоты [3]. С изменением перепада температур между поверхностью тела и его центром меняются потоки внутреннего диффузионного теплопереноса. Процесс испарения и удаления влаги с поверхности изделия идет в основном за счет диффузии. Ее скорость зависит от параметров теплоносителя – температуры, влажности и скорости его движения относительно высушиваемого изделия. Чем выше температура, скорость и меньше влажность теплоносителя, тем больше поток диффундируемых газов [4]. Перемещение влаги осуществляется за счет градиентов тепла и влаги. Такой процесс называется термовлагопроводностью. При различных способах сушки изделий в них может происходить один или оба процесса одновременно. Они могут действовать либо в разных, либо в одном и том же направлении. Если направления совпадают, то процесс сушки изделий ускоряется. Если нет, то сушка изделий замедляется.

Напряженное состояние в изделии. Древесина в процессе сушки уменьшается в размерах, т. е. претерпевает усадку. В древесине усадка происходит в период постоянной скорости сушки и заканчивается после достижения ими критической влажности. Особенности процесса и механизм сушки определяются прежде всего характером влагопереноса, т.е. перемещения влаги внутри материала [5]. Это явление может происходить под действием градиента влажности, градиента температуры, когда

влага перемещается в направлении понижающейся температуры, градиента избыточного давления, когда влага перемещается в направлении понижающего давления или влагосодержания, когда влага перемещается в направлении понижающейся влажности.

При диэлектрическом нагреве в результате быстрого повышения температуры внутри древесины, повышается давление водяных паров, т.е. появляется избыточное давление пара внутри древесины по отношению к давлению среды. Этот градиент избыточного давления резко увеличивает интенсивность влагопереноса, так как в этом случае перенос пара происходит как путем перемещения влаги по стволовым клеткам и через поры и капилляры древесины посредством молекулярной диффузии, так и путем молекулярной диффузии. Этот вид переноса при диэлектрическом нагреве превалирует над остальными. При помещении в электромагнитное поле высокой частоты (ВЧ) бегущей волны древесина сосредотачивает поле ВЧ и по всей длине образца начинается внутреннее интенсивное нагревание.

Древесина имеет легкопроницаемую капиллярную структуру. Если сравнивать проницаемость древесины поперёк и вдоль волокон, то можно наблюдать ее резкое различие. Из-за большей проницаемости вдоль волокон свободная вода начинает перемещаться к торцам заготовки. В связи с этим в середине образца образуется зона с меньшей удельной теплоёмкостью. В этой зоне температура быстро возрастает до кипения и происходит парообразование, вследствие чего повышается избыточное давление (по сравнению с атмосферным), в результате чего возникает устойчивое течение свободной влаги по капиллярной системе древесины, носящее молярный характер, т.е. характер непрерывного направленного потока и называющегося молярным влагопереносом. За свободной влагой также передвигается и зона кипения. Когда зона кипения доходит до торца заготовки, течение свободной влаги заканчивается и происходит молярный перенос насыщенного пара.

Для исключения разрушения древесины избыточным давлением, до момента достижения избыточного давления к давлению разрушения древесины, вся свободная вода должна вытесняться к торцам. За свободной водой начинает двигаться паровоздушная смесь с вязкостью намного меньшей, чем у воды, что приведет к падению избыточного давления.

1. При интенсивном подводе ВЧ энергии часть свободной влаги вытесняется внутренним избыточным давлением через торцы изготоек. Вода вытесняется в виде капель. Такой способ удаления влаги из древесины потребляет значительно меньше энергии, так как не требуется её испарение.

2. В процессе ВЧ сушки допустимая температура в древесине должна поддерживаться на уровне 100-105 °С.

3. При ВЧ сушке древесных заготовок основная часть влаги удаляется за счет избыточного давления. В результате возникает устойчивое течение водяного пара. При удалении влаги избыточным давлением влажность окружающего воздуха не регламентируется. Воздух нагревается до температуры, близкой к температуре древесины, с целью исключения охлаждения древесины циркулирующим воздухом и для увеличения влагоемкости воздуха.

4. Для фактической оценки влияния основных факторов на процесс, а также для проверки правильности полученных выводов необходимо проведение экспериментальных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние условий теплопередачи на эффективность теплообменных процессов при сушке материалов в конвективных аппаратах / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, Н.Э. Дымов, А.С. Царев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XVI Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 162-164.
2. Математическое моделирование и разработка системы корректировки режимов термообработки прессовых валов для формирования структуры древесно-цементного композита / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, Н.Э. Дымов, С.Ю. Осипов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 107-110.
3. Метод обработки информации и алгоритм управления тепловыми режимами вулканизации отжимных валов металлургических производств / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, Е.В. Ершов // Производство проката. 2018. № 4. С. 27–35.
4. Оптимизация уровня качества управления производственными процессами / С.Ю. Осипов, Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.А. Шлыков // Фундаментальные исследования. 2018. № 3. С. 64–68.
5. Системное моделирование полного цикла функционирования объектов с эластомерными покрытиями / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, С.А. Шлыков // Современные наукоёмкие технологии. 2017. № 7. С. 49-54.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАСЧЁТЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

**В.С. Иванов**

Научный руководитель – **Д.А. Богданов**, ст. преподаватель

Вологодский государственный университет

*Существует множество способов сушки влажного древесного материала. В статье рассмотрены особенности сушки древесных материалов токами высокой частоты. Приведены физические явления, которые характерны для данного метода для сушки древесины.*

***Ключевые слова:** древесина, прочность, температура, режим сушки, токи высокой частоты, влажность, влагоперенос*

## USE OF INFORMATION RESOURCES IN THE CALCULATION OF WOOD CUTTING MODES

**V.S. Ivanov**

Scientific Supervisor – **D.A. Bogdanov**, Senior Lecturer

Vologda State University

*There are many ways to dry wet wood material. The article discusses the features of drying wood materials with high frequency currents. The physical phenomena that are characteristic of this method for drying wood are given.*

***Keywords:** wood, strength, temperature, drying mode, high frequency currents, humidity, moisture transfer*

В последние годы авторами предложены новые идеи в теории резания древесины [1], позволяющие повысить точность расчетов режимов резания. Таким образом, повышение точности расчетов [2] является актуальной задачей теории резания древесины. Эта задача может быть решена путем уточнения расчетных формул на основе положений современной теории резания древесины [3].

При обработке древесины на деревообрабатывающих станках зачастую ставится задача – по заданным параметрам обработки [4] (ско-

рость подачи, высота пропила, или толщина снимаемого слоя, порода древесины и др.) определить силы резания, потребляемую мощность привода механизма резания, силы действующие в зоне резания, величину подачи на зуб (ножа) пилы (фрезы), которые характеризуют качество обрабатываемой поверхности [5].

Исходя из вышеизложенных задач, была разработана компьютерная программа, позволяющая быстро решать эти задачи. Данная программа рассчитана для использования в производстве технологами, мастерами и студентами при решении заданий контрольных и курсовых работ.

Данная программа разработана с использованием среды программирования Делфи версии 7. Использованные формулы для расчёта указаны на интерфейсе программы (рис. 1).

Пример расчёта 1: имеется обрезной двухпильный станок с пилами диаметром 450 мм и шириной реза – 4 мм (толщина пилы 2.8 мм + развод или площадь зуба 0,6x2 мм на сторону), число зубьев пил – 48, высота пропила 100 мм, порода – сосна (ель), число оборотов вращения пил – 2850 об/мин, скорость подачи материала – 40 м/мин, время работы пил без заточки – 4 ч. Вводим эти данные в соответствующие графы и нажимаем кнопку «Расчёт» и под надписью «результаты расчётов» появляются расчётные показатели: подача на зуб, скорость резания (окружная скорость), касательная сила, действующая на зуб, мощность резания и мощность, потребляемая электродвигателем.

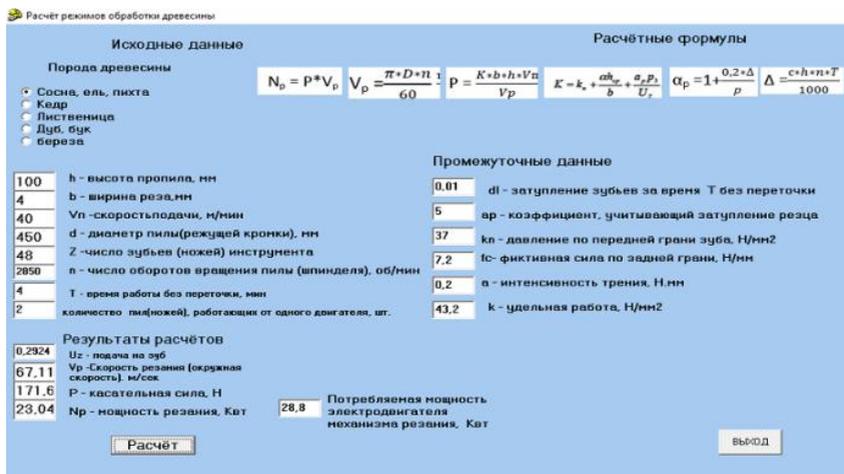


Рис. 1. Интерфейс программы для расчёта режимов обработки

Пример расчета 2 (рис. 2): имеется строгальный (фуговальный) станок, на котором требуется профрезеровать сосновую доску толщиной фрезерования 5 мм и шириной фрезерования – 100 мм, скорость подачи – 12 м/мин, диаметр фрезы (режущей кромки) – 145 мм, число оборотов фрезы – 6000 об/мин, время работы фрезы без переточки – 4 часа, число ножей во фрезе – 4 и количество фрез, работающих от электродвигателя, – 1. Вводим эти данные в соответствующие графы и получаем ответ: потребляемая мощность электродвигателя – 4,75 кВт, а на станке установлен электродвигатель – 5,5 кВт, следовательно, такие режимы обработки, с точки зрения потребляемой мощности, вполне удовлетворительны.

Расчёт режимов обработки древесины

Исходные данные

Порода древесины

- Сосна, ель, пихта
- Кедр
- Лиственница
- Дуб, бук
- береза

Расчётные формулы

$$N_p = p \cdot V_p \quad V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad p = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot V_p}{V_p} \quad K = k_s + \frac{a h_p}{b} + \frac{a_r p_s}{U_s} \quad \alpha_p = 1 + \frac{0,2 \cdot \Delta}{p} \quad \Delta = \frac{c \cdot h \cdot n \cdot T}{1000}$$

Промежуточные данные

5	h - высота пропила, мм	0,0005	dI - затупление зубьев за время T без переточки
100	b - ширина реза, мм	0,01	ар - коэффициент, учитывающий затупление реза
12	Vп - скорость подачи, м/мин	37	kp - давление по передней грани зуба, Н/мм <sup>2</sup>
145	d - диаметр пилы (режущей кромки), мм	7,2	fc - фиктивная сила по задней грани, Н/мм
4	Z - число зубьев (ножей) инструмента	0,2	a - интенсивность трения, Н/мм
6000	n - число оборотов вращения пилы (шпинделя), об/мин	38,02	k - удельная работа, Н/мм <sup>2</sup>
4	T - время работы без переточки, мин		
1	количество пил (ножей), работающих от одного двигателя, шт.		

Результаты расчётов

0,5	Uz - подача на зуб	4,7525	Потребляемая мощность электродвигателя механизма резания, Квт
45,53	Vр - Скорость резания (окружная скорость), м/сек		
83,50	P - касательная сила, Н		
3,802	Nр - мощность резания, Квт		

Расчёт

ВЫХОД

Рис. 2. Интерфейс программы для расчёта режимов обработки

Программа работает под Microsoft Windows, не требует установки и полностью переносима. Работа с программой интуитивно понятна, проста в использовании что не требует каких – либо пояснений.

Данная программа более функциональна, по сравнению со штатными средствами расчета, что немаловажно для начинающих пользователей.

Рассмотренные автоматизированные средства могут быть использованы в качестве основы для разработки и внедрения автоматизированной системы планирования, обслуживания и проведения предупредительных работ, связанных с деревообработкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Математическое моделирование и разработка системы корректировки режимов термообработки прессовых валов для формирования структуры древесно-цементного композита / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, Н.Э. Дымов, С.Ю. Осипов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 107-110.
2. Системное моделирование полного цикла функционирования объектов с эластомерными покрытиями / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, С.А. Шлыков // Современные наукоёмкие технологии. 2017. № 7. С. 49-54.
3. *Полетаев В.П.* Автоматизированный комплекс подготовки информации для оптимизации процессов на постпроизводственных стадиях жизненного цикла изделий / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Автоматизация в промышленности. 2017. № 8. С. 35-38.
4. *Полетаев В.П.* Алгоритмическое обеспечение системы оценки состояния оборудования / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2017. С. 386-389.
5. Метод обработки информации и алгоритм управления тепловыми режимами вулканизации отжимных валов металлургических производств / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, Е.В. Ершов // Производство проката. 2018. № 4. С. 27–35.

УДК 536.1

## **МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ**

**М.А. Удальцов**

Научный руководитель – **Д.А. Богданов**, ст. преподаватель

Вологодский государственный университет

*Решена задача моделирования и разработана инженерная методика термонапряженного состояния полого вращающегося тела, позволяющая определить его конструктивные параметры.*

**Ключевые слова:** теплообмен, температура, термонапряжения, управление, валы, металлургические машины

## **METHOD OF FORECASTING AND EVALUATION OF THE THERMALLY STRESSED STATE OF OBJECTS OF THE TYPE OF BODIES OF ROTATION**

**M.A. Udaltsov**

Scientific Supervisor – **D.A. Bogdanov**, Senior Lecturer

Vologda State University

*The problem of modeling has been solved and an engineering technique of the thermally stressed state of a hollow rotating body has been developed, which allows determining its design parameters.*

**Keywords:** heat transfer, temperature, thermal stresses, control, shafts, metallurgical machines

Изучению тепловых процессов, протекающих в цилиндрических элементах металлургических машин, посвящено много работ. Тепловое состояние вращающихся тел исследуется, как правило, при постоянных значениях их теплофизических характеристик [1, 2]. В основном рассматриваются термонапряжения, вызываемые температурными полями, симметричными относительно оси вала (ролика).

На основе полученного в [3] распределения температурного поля в полом цилиндрическом теле решена задача моделирования и разработана инженерная методика термонапряженного состояния полого вращающегося тела.

Компоненты вектора термоупругих напряжений находятся методом суперпозиции напряжений, обусловленных термоупругим потенциалом, и напряжений, определяемых бигармонической функцией напряжений [4, 5] соответствующего вида.

Тогда все компоненты вектора напряжений могут быть записаны в явном виде, например, осевое напряжение по формуле (1):

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{zz}}{2G\alpha_1} = & -\theta^0 - \frac{\theta_1 - \theta^0}{\ln \rho_0} \ln \rho + \frac{\nu\rho_0^2}{1 - \rho_0^2} \left[ \frac{\theta^0}{\rho_0^2} - \theta_1 + \frac{\theta_1 - \theta^0}{2 \ln \rho_0} \left( 1 - \frac{1}{\rho_0^2} \right) \right] - \\ & - \sum_{n=1}^{\infty} C_n \left\{ V_0(\lambda_n \rho) - \frac{4\nu}{\pi\lambda_n^2(1 - \rho_0^2)} \left[ 1 - \frac{J_0(\lambda_n \rho_0)}{J_0(\lambda_n)} \right] \right\} \exp(-\lambda_n^2 F) + \\ & + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{1k} \left\{ \lambda_{1k} V_1(\lambda_{1k} \rho) + \frac{2\nu\rho}{1 - \rho_0^4} [\rho_0^2 V_2(\lambda_{1k} \rho_0) - V_2(\lambda_{1k})] \right\} \times \\ & \times [\omega_{1k}^{(1)} f_{1k}^{(1)} + \omega_{1k}^{(2)} f_{1k}^{(2)}] \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{где } \rho = \frac{r}{R}, \rho_0 = \frac{R_0}{R}, \theta(\rho_0, \phi, Fo) = \frac{(T - T_{\min})}{(T_{\max} - T_{\min})}, \bar{\theta} = \frac{(\bar{T} - T_{\min})}{(T_{\max} - T_{\min})}, \theta_1 = \\ \frac{(T_1 - T_{\min})}{(T_{\max} - T_{\min})}, \theta_2 = \frac{(T_2 - T_{\min})}{(T_{\max} - T_{\min})}; \end{aligned}$$

$T$  - текущая размерная температура;

$T_{\max}$  и  $T_{\min}$  - соответственно максимальная и минимальная температуры,

$Fo = \frac{a\tau}{R^2}$  - критерий Фурье;

$V_0(\lambda_n \rho)$ ,  $V_n(\lambda_{nk} \rho)$  - комбинации функции Бесселя 1 и 2 рода;

$\lambda_n$  и  $\lambda_{nk}$  - корни характеристических уравнений;

$V_0(\lambda) = 0$  и  $V_n(\lambda_n) = 0$  - действительные и мнимые части бесселевых функций.

Для практических приложений наибольший интерес представляет рассмотрение цилиндра конечной длины со свободными от внешних нагрузок торцевыми сечениями.

В любом поперечном сечении цилиндра напряжение (2) дает результирующую силу  $N$  и изгибающий момент  $M$ :

$$\frac{N}{2G\alpha_1} = 2\pi R^2(1-\nu) \left\{ \frac{\theta_1 \rho_0^2}{2} - \frac{\theta^0}{2} + \frac{(\theta_1 - \theta^0)(1 - \rho_0)}{4 \ln \rho_0} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_n}{\lambda_n^2} \left[ 1 - \right. \right. \\ \left. \left. - J_0 \lambda_n \rho_0 J_0 \lambda_n \exp - \lambda_n 2F, \right. \right.$$

$$\frac{M}{2G\alpha_1} = 2\pi R^3(1-\nu) \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{1k} [V_2(\lambda_{1k}) - \rho_0^2 V_2(\lambda_{1k} \rho_0)] [\omega_{1k}^{(1)} f_{1k}^{(1)0} + \\ + \omega_{1k}^{(2)} f_{1k}^{(2)0}], \quad (2)$$

$$f_{1k}^{(1)0} = \frac{P}{\lambda_{1k}^4 + P^2} \left\{ 1 - \exp(-\lambda_{1k}^2 F) \left[ \cos(PF) + \frac{\lambda_{1k}^2}{P} \sin(PF) \right] \right\},$$

$$f_{1k}^{(2)0} = \frac{P}{\lambda_{1k}^4 + P^2} \left\{ 1 + \exp(-\lambda_{1k}^2 F) \left[ \sin(PF) + \frac{\lambda_{1k}^2}{P} \cos(PF) \right] \right\}$$

Если на осевое напряжение (12) наложить напряжения от N и M, взятые с обратным знаком  $\sigma_{zz}^N = N/[\pi R^2(1-\rho^2)]$ ,  $\sigma_{zz}^M = 4M\rho \sin \varphi / [\pi R^3(1-\rho^4)]$ , то осевое напряжение будет определяться формулой (3):

$$\frac{\sigma_{zz}}{2G\alpha_1} = (\theta^0 - \theta_1) \left( \frac{2 \ln \rho + 1}{2 \ln \rho_0} + \frac{\rho_0^2}{1 - \rho_0^2} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} C_n \{V_0(\lambda_n \rho) + \\ + \frac{4\nu}{\pi \lambda_n^2 (1 - \rho_0^2)} \left[ 1 - \frac{J_0(\lambda_n \rho_0)}{J_0(\lambda_n)} \right] \exp(-\lambda_n^2 F) - \frac{8\rho(1-\nu) \sin \varphi}{1 - \rho_0^2} \times \\ \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{1k} [V_2(\lambda_{1k}) - \rho_0^2 V_2(\lambda_{1k} \rho_0)] \times [\omega_{1k}^{(1)} f_{1k}^{(1)0} + \omega_{1k}^{(2)} f_{1k}^{(2)0}] + \\ + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{1k} \left\{ \lambda_{1k} V_1(\lambda_{1k} \rho) + \frac{4\nu \rho}{1 - \rho_0^4} [\rho_0^2 V_2(\lambda_{1k} \rho_0) - V_2(\lambda_{1k})] \right\} \times \\ \times [\omega_{1k}^{(1)} f_{1k}^{(1)} + \omega_{1k}^{(2)} f_{1k}^{(2)}] \quad (3)$$

При этом остальные компоненты вектора напряжения не изменяются, а (2) интегрально удовлетворяет свободным торцевым сечениям цилиндра конечной длины и будет справедливо принципу Сен-Венана в средней по длине части цилиндра. Расчетная зависимость для определения температурных напряжений позволит подобрать конструктивные параметры тела вращения (вала ролика).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод обработки информации и алгоритм управления тепловыми режимами вулканизации отжимных валов металлургических производств / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, Е.В. Ершов // Производство проката. 2018. № 4. С. 27–35.
2. Оптимизация уровня качества управления производственными процессами / С.Ю. Осипов, Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.А. Шлыков // Фундаментальные исследования. 2018. № 3. С. 64–68.
3. *Полетаев В.П.* Алгоритмическое обеспечение системы оценки состояния оборудования / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. Пенза: Пензенский государственный университет, 2017. С. 386-389.
4. Метод обработки информации и алгоритм управления тепловыми режимами вулканизации отжимных валов металлургических производств / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, Е.В. Ершов // Производство проката. 2018. № 4. С. 27–35.
5. *Полетаев В.П.* Анализ методов исследования и оценки надежности технических систем / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 212-215.

УДК 621.7

## СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**А.В. Михрютин, В.И. Кошкин**

Научный руководитель – **В.И. Кошкин**, д-р физ.-техн. наук,  
профессор

Рыбинский государственный авиационный технологический университет  
имени П.А. Соловьева

*В статье описывается алгоритм моделирования механической обработки.*

*Ключевые слова: пластины СМП, сборный режущий инструмент, моделирование механической обработки*

## CREATION OF AN ALGORITHM FOR SIMULATION OF MACHINING OPERATIONS

**A.V. Mikhryutin, V.I. Koshkin**

Scientific Supervisor – **V.I. Koshkin**, Doctor of Physical and Technical  
Sciences, Professor

Rybinsk State Aviation Technological University named after P.A. Solovyov

*The article describes an algorithm for simulation of machining operations using a cutting tool with one or many cutting teeth.*

*Keywords: cutting tool with indexable inserts, modeling of the cutting process*

В настоящее время высокоточные детали сложной формы, применяемые в авиадвигателестроении изготавливаются в основном с использованием механической обработки. В процессе механической обработки возникает проблема обеспечения заданного качества получаемых деталей при достижении максимальной производительности. Получаемое качество изготовления деталей зависит от целого ряда факторов, включая ре-

жимы резания, геометрию используемого инструмента, форму заготовки и снимаемого припуска под обработку, а также от точности жесткости используемого оборудования. Существующие системы автоматизированной разработки управляющих программ не учитывают целый ряд из указанных выше параметров процесса обработки. При подборе инструмента учитываются указанные в каталоге производителя рекомендуемые режимы, обрабатываемые материалы и виды поверхностей. Режимы резания указываются широким диапазоном для целых классов обрабатываемых материалов. При сложной геометрии обрабатываемой поверхности не всегда возможно полностью обработать элемент выбранным инструментом. Подбор корректной траектории движения инструмента производится на основании практического опыта. Поэтому в процессе опытных работ зачастую приходится заменять инструмент и траекторию его движения, подбирать режимы резания, что увеличивает время изготовления.

Указанные обстоятельства определяют актуальность разработки цифровой модели процесса механической обработки, позволяющей решить указанные выше проблемы путем моделирования процесса до проведения экспериментальных работ.

Это определяет необходимость разработки модели процесса механической обработки заготовки, учитывающей снятие материала при взаимном движении заготовки и каждого зуба инструмента.

В классической теории резания используются плоское представление процесса резания, не учитывающее пространственную форму режущего зуба инструмента и зоны стружкообразования. Оно определяет низкую точность данных моделей и диктует необходимость разработки моделей, учитывающих сложную форму зоны обработки.

Задача моделирования произвольной геометрии режущего клина была решена посредством использования математического аппарата ядра САПР OpenCASCADE [1]. Общая модель процесса обработки состоит из следующих подмоделей.

Взаимное перемещение инструмента и заготовки рассчитывается с использованием модели движений станка.

Общий алгоритм моделирования движений станка представлен на рис. 1.

Для моделирования взаимного движения инструмента и заготовки требуется задать модель станка. Такая модель строится на основе разработки и анализа формулы структурной компоновки станка. Для каждого блока компоновки станка рекурсивно рассчитывается перемещение.

Положение каждого блока станка рассчитывается относительно предыдущего по формуле

$$T = T_{par} \cdot T_0 \cdot T_a,$$

где  $T_{par}$  – матрица преобразования, описывающая положение родительского компонента относительно начала координат;

$T_0$  – матрица преобразования, описывающая относительное смещение следующего компонента относительно предыдущего;

$T_a$  – матрица преобразования, описывающая смещение компонента вдоль оси перемещения.

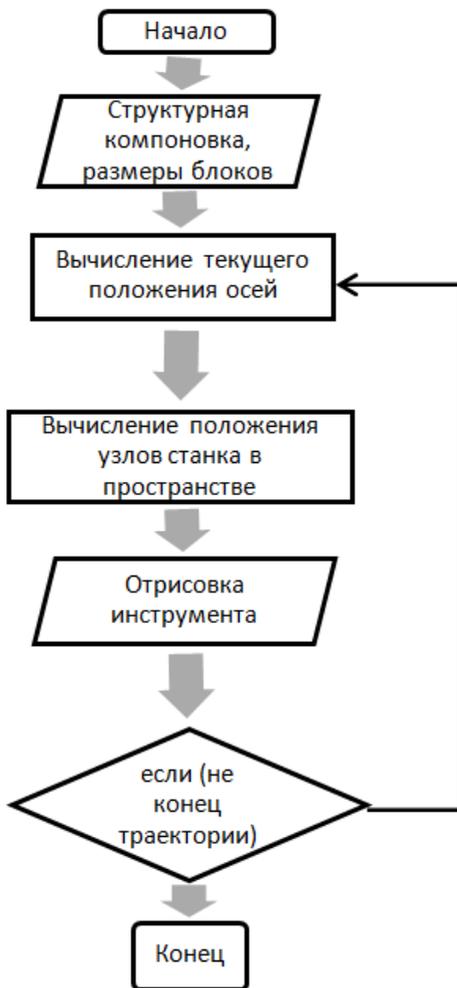


Рис. 1. Общий алгоритм моделирования кинематики движения инструмента

Следующей подмоделью является модель объема, экранируемого передней поверхностью инструмента при его движении.

Площадь среза определяется путём нахождения площади пересечения передней поверхности инструмента и тела заготовки на данном значении модельного времени.

Объем срезанного материала на данном шаге моделирования определяется путем нахождения булевой операции пресечения тела, экранируемого движением передней поверхности зуба инструмента на текущем шаге изменения модельного времени и объема заготовки.

Полученная модель позволяет создать модель шероховатой обработанной поверхности, получаемой при последовательном воздействии произвольного числа зубьев с учетом их пространственной геометрической формы. Однако данная модель не учитывает характер упруго-пластических явлений, происходящих при резании и значительно влияющих на форму получаемых микронеровностей. Для учета таких явлений требуется разработка моделей термомеханических процессов, происходящих при резании.

Поскольку методы классической теории резания не могут быть использованы для моделей пространственной формы, требуется использовать методы конечных элементов, получивших в последнее время широкое распространение. Поэтому дальнейшую работу планируется направить на анализ таких методов и разработку модели, наиболее полно отображающую особенности процессов резания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михрютин А.В.* Разработка программной системы 3D-моделирования сборного режущего инструмента / А.В. Михрютин, В.В. Михрютин // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 21 апреля 2021 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч. 1. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. 999 с. 1 CD-ROM. URL: <https://www.ystu.ru/files/74%20НТК%20часть%201.pdf> (дата обращения 14.06.2021).

УДК 620

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**П.И. Синодеева**

Научный руководитель – **И.И. Ведерникова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина

*Рассматриваются современные способы обработки материала, сравниваются два метода – самый прогрессивный – гидроабразивная резка и ручной метод с помощью гильотинных ножниц.*

**Ключевые слова:** обработка листового материала, гидроабразивная резка, гильотинные ножницы, лазерная резка, плазменная резка

## FEATURES OF SHEET MATERIAL PROGRESSING IN SINGLE PRODUCTION CONDITIONS

**P.I. Sinodeeva**

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

Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin

*The article discusses modern methods of material processing, compares two methods – the most progressive – waterjet cutting and manual method using guillotine scissors.*

**Keywords:** sheet material processing, waterjet cutting, guillotine shears, laser cutting, plasma cutting

В современном мире есть множество способов обработки листового материала. Одни из самых распространённых методов — это лазерная, плазменная и гидроабразивная резка металла, а также до сих пор на предприятиях используется ручная резка металла с помощью гильотинных ножниц.

Лазерная резка – технология резки и раскроя материалов, использующая лазер высокой мощности и обычно применяемая на промышленных производственных линиях. Сфокусированный лазерный луч, обычно управляемый компьютером, обеспечивает высокую концентрацию энер-

гии и позволяет разрезать практически любые материалы независимо от их теплофизических свойств. В процессе резки, под воздействием лазерного луча материал разрезаемого участка плавится, возгорается, испаряется или выдувается струей газа. При этом можно получить узкие резы с минимальной зоной термического влияния.

Процесс плазменной резки – это метод термической резки. Это означает, что для плавления металла используется тепло, а не механическая сила. Принцип плазменной резки основан на свойстве воздуха в состоянии ионизации становиться проводником электрического тока. Плазморез создаёт в плазмотроне плазму (ионизированный воздух, разогретый до высокой температуры) и сварочную дугу, которые осуществляют раскрой материала.

Гидроабразивная резка – вид обработки материалов резанием, где в качестве режущего инструмента вместо резца используется струя воды или смеси воды и абразивного материала, выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением. В природе подобный процесс, протекающий естественным образом, называется водной эрозией.

Ручная резка металла с помощью гильотинных ножниц. Гильотинные ножницы – это станок, предназначенный для резки металлических листовых заготовок. Резка листа представляет собой рассечение металла по линии смыкания подвижного верхнего ножа и неподвижного нижнего. Линия реза – прямая. В зависимости от типа привода верхнего лезвия гильотинные ножницы бывают ручными, электроприводными (электро-механическими) и гидравлическими.

В данной статье сравниваются два способа раскроя металла – резка гильотинными ножницами, и самый прогрессивный – гидроабразивная резка металла. Ручная резка на гильотинных ножницах происходит в несколько этапов:

1 этап: Разметка листа

Для того чтобы вырезать контур детали, необходимо произвести разметку габаритов детали (рис. 1). Слесарный инструмент, который используется для разметки и обрезки металла, представлен на рис. 2.



Рис. 1. Разметка листа



Рис. 2. Слесарный инструмент

## 2 этап: Обрезка габаритов детали

После того как слесарь разметил габариты, необходимо вырезать деталь на гильотинных ножницах (рис. 3).



**Рис. 3. Гильотинные ножницы**

## 3 этап: Доработка детали

После того как контур детали был вырезан, её необходимо опилить и доработать согласно чертежу. Если, например, при на других методах можно сразу выполнить отверстия, то при работе вручную необходимо будет разметить и просверлить их.

В условиях мелкосерийного и единичного производства также используют гидроабразивную резку металла. Данный метод намного экономит время по сравнению с резкой вручную и его процесс намного проще. Для того чтобы вырезать контур детали, необходимо начертить её развертку в программе, запустить станок (рис. 4) и дождаться окончания операции (рис. 5).



**Рис. 4. Гидроабразивный станок**



**Рис. 5. Полученные детали**

После того как заканчивается резка металла, деталь отправляется рабочему для дальнейшей обработки: снятие заусенцев и доработки согласно чертежу.

Гидроабразивная резка считается одним из самых прогрессивных методов обработки металла по качеству получаемого среза. Такая резка позволяет раскроить листы металла на детали любой сложности и формы с высокой точностью, а также разрезать металлические заготовки толщиной до 200 мм. При гидроабразивном методе раскрой металла осуществляется с помощью тонкой струи воды, смешанной с абразивными частицами, которая подается под давлением около 4000 атмосфер через узкое сопло диаметром до 0,4 мм. В результате скорость водяной струи при соприкосновении с поверхностью металла достигает звуковых и даже сверхзвуковых значений, что обеспечивает быструю резку и сравнительно гладкую поверхность реза.

В заключение можно сказать, что гидроабразивный метод раскройки металлических заготовок во многом выигрывает у других методов резки как по качеству, так и по эффективности. По сравнению с ними он обладает следующими преимуществами.

По сравнению с лазерной резкой:

- толщина металла, который можно разрезать, в 10 раз больше (20 мм у лазерной раскройки и 200 мм у гидроабразивной);
- нет температурной деформации и оплавления кромки металла;
- высокая скорость резки разных металлов за счет одинаковых настроек и использования одного и того же расходного материала;
- не нужна шлифовка или полировка края реза;
- возможность раскройки меди, латуни и других отражающих металлов.

По сравнению с гильотинной рубкой металла:

- изготовление деталей сложной формы, в том числе и с минимальным радиусом скругления;
- нет механической деформации раскраиваемых деталей;
- более высокая точность реза;
- большая толщина разрезаемого металла.

По сравнению с плазменной резкой:

- ровная кромка, на которой не образуется грат;
- можно обрабатывать любые материалы, а не только токопроводящие;
- более эффективная раскройка деталей с большой кривизной контура;
- не нужна шлифовка или полировка края реза;
- большая толщина разрезаемого металла;
- нет риска структурных изменений металла и появления микротрещин.

Гидроабразивная резка – это универсальный метод, который подходит практически для любой металлообработки. Фактически, у него только два недостатка – меньшая скорость разрезки тонких листов металла и сравнительно высокая стоимость за счет большого расхода абразива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерная резка. URL: [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Лазерная\\_резка](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Лазерная_резка)
2. Как работает плазменная резка? Преимущества и недостатки. URL: <https://www.stankoff.ru/blog/post/286>
3. Гидроабразивная резка. URL: [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/ Гидроабразивная\\_резка](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Гидроабразивная_резка)

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ В МОДЕЛИ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЯЧЕЙКИ**

**Д.И. Блёскин, М.С. Ермаков**

Научный руководитель – **М.С. Ермаков**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются основные средства автоматизации производства. Описывается разработанная модель гибкой производственной ячейки, позволяющая автоматизировать транспортно-складские операции.*

**Ключевые слова:** автоматизация производства, робототехника, Arduino

## **AUTOMATION OF TRANSPORT AND WAREHOUSE OPERATIONS IN THE MODEL OF A FLEXIBLE PRODUCTION CELL**

**D.I. Bleskin, M.S. Ermakov**

Scientific Supervisor – **M.S. Ermakov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the main means of production automation. The developed model of a flexible production cell is described, which allows automating transport and storage operations.*

**Keywords:** manufacturing automation, robotics, Arduino

Целью автоматизации производства является реализация систем, позволяющих осуществлять управление производством с минимальным участием человека или без его участия вовсе [1].

В гибких производственных ячейках (ГПЯ), используемых для автоматизации технологических операций, широко используются транспортно-загрузочные, накопительные и складские устройства и системы. Они предназначены для перемещения изделий с позиции на позицию, их распределения по потокам, поворота, ориентации, межоперационного накопления и складирования. Характер работы, состав, конструкция, компоновка указанных устройств напрямую зависят от характеристик производимых изделий и особенностей технологического процесса. Пра-

вильный выбор средств транспортировки, загрузки, накопления и складирования изделий оказывает большое влияние на надёжность и производительность автоматизированных систем. В состав ГПЯ в общем случае входят: АТСС (автоматизированная транспортно-складская система), АСИО (автоматизированная система инструментального обеспечения), АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом), АСУТО (автоматизированная система управления технологическим оборудованием) [2].

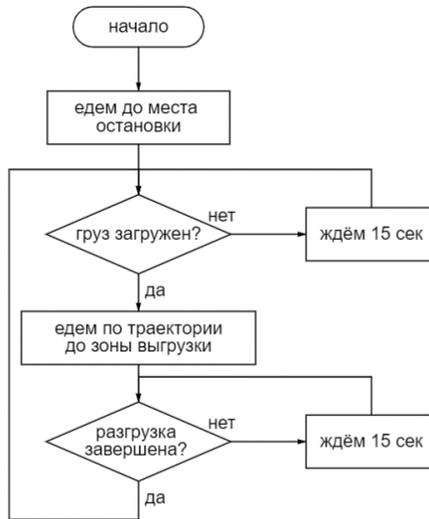
На примере модели ГПЯ, созданной в лаборатории ЯГТУ, можно рассмотреть работу автоматизированной транспортно-складской системы. Она состоит из робота-манипулятора (РМ), транспортного робота (ТР), склада, на котором могут храниться заготовки и детали. Робот-манипулятор был собран из конструктора производства фирмы Hiwonder серии Lobot LeARM. Основой данного робота является микроконтроллер Arduino UNO. Робот обладает 6 степенями свободы и возможностью подключения датчиков, позволяющих добавить такие функции как измерение расстояния до объектов и распознавание их цвета, управление при помощи звука и жестов. Для координации работы робота-манипулятора и транспортного робота применяются датчики препятствия. Взаимодействие с датчиками производится с помощью контроллера Arduino.

Транспортный робот обладает возможностью езды по заранее спланированной траектории за счёт двух датчиков отражения, установленных на нижней его части. Помимо этого, ТР способен производить автоматическую остановку на участках загрузки и разгрузки.

На рис. 1 и 2 приведены алгоритмы работы РМ и ТР в виде блок-схем.



Рис. 1. Блок-схема работы робота-манипулятора



**Рис. 2. Блок-схема работы транспортного робота**

При запуске модели ГПЯ робот-манипулятор ожидает сигнала от датчика о наличии транспортного робота в зоне загрузки-выгрузки. При обнаружении транспортного робота производится выгрузка детали на склад деталей и загрузка на него заготовки со склада заготовок.

В свою очередь транспортный робот ожидает завершения процессов разгрузки и загрузки, после чего движется по траектории к зоне выгрузки заготовки на обрабатывающее оборудование. В качестве такого оборудования может применяться фрезерный станок с ЧПУ. Далее готовая деталь загружается обратно на транспортный робот и доставляется на склад готовых деталей, после чего цикл повторяется.

В дальнейшем планируется внедрить второй робот-манипулятор для разделения складской зоны и зоны обработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисович М.В. Актуальные проблемы автоматизации в современном мире / М.В. Денисович, С.И. Николаевич // Вестник науки и образования. 2019. № 2-1(56). С. 48-51.
2. ГОСТ 26228-90 Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей от 07 июня 1990 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011753>.

УДК 621.865.8

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ В SPRUTCAM ROBOT 14**

**Р.А. Молчанов, А.А. Кулебякин**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается способ программирования фрезерного робота KUKA с помощью моделирования процесса механообработки в программе SprutCAM Robot 14.*

*Ключевые слова: SprutCAM Robot, промышленные роботы, моделирование механообработки*

## **SIMULATION OF THE MILLING PROCESS IN SPRUTCAM ROBOT 14**

**R.A. Molchanov, A.A. Kulebyakin**

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

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines a method for programming a KUKA milling robot by simulating the machining process in the SprutCAM Robot 14 program.*

*Keywords: SprutCAM Robot, industrial robots, machining modeling*

Поставлено технологическое задание: создать управляющую программу промышленного робота для фрезерования контура: на заготовке типа брусок необходимо поставить маркировку «ЯГТУ МТ».

1. Выбор модели робота в программе SprutCAM Robot.

Для расчета траектории движения инструмента и получения управляющей программы в программе SprutCAM необходимо задать требуемые исходные данные и параметры обработки [1].

Из доступных роботов, загруженных в программе, можно выбрать робота Kuka KR150. Данный робот имеет 6 осей, что позволяет обрабатывать заготовки по сложному контуру [3].

## 2. Создание эскиза детали.

Во вкладке Модель создаём с помощью инструмента «Чертёж» прямоугольник, который в дальнейшем будет заготовкой.

С помощью инструмента «Текст» создаём надпись. Размещаем внутри прямоугольника: задаём начальные координаты, поворачиваем текст. Задаём высоту текста 50 и выбираем строковый шрифт.

## 3. Создание операции.

Во вкладке «Технология» создаём операцию. Для фрезерования контура подойдёт операция «3D контур». В качестве инструмента выбираем коническую фрезу, редактируем размеры фрезы. Устанавливаем диаметр фрезы, угол при вершине и вылет фрезы. На вкладке «Рабочее задание» выбираем в качестве контура построенный текст.

Для построения траектории движения робота нажимаем кнопку «Пуск». Чтобы оптимизировать траекторию необходимо открыть на вкладке «Наладка» карту осей робота. Это визуальное представление зон столкновений в траектории. На построенной карте имеются зоны за пределами осей. Для оптимизации создадим автоматически кривую, которая не будет проходить через зоны столкновений (рис. 1).

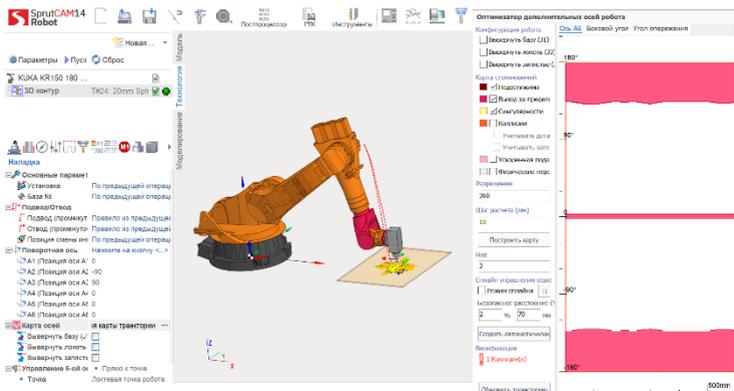


Рис. 1. Оптимизация траектории движения

## 4. Создание заготовки.

На вкладке «Заготовка» выбираем в качестве заготовки прямоугольник. Эскиз заготовки преобразуем в брусок с помощью инструмента «Вытянуть». Необходимо также вытянуть прямоугольник вниз, чтобы

фреза не проходила заготовку насквозь. Для этого редактируем нижний уровень заготовки.

#### 5. Редактирование траектории.

Чтобы фрезерный инструмент поднимался при переходах между линиями, зададим безопасный уровень 30 мм на вкладке «Подходы».

#### 6. Моделирование процесса обработки.

На вкладке «Моделирование» запускаем моделирование процесса обработки (рис. 2). Красными линиями показаны переходы, зелёными – траектория обработки.

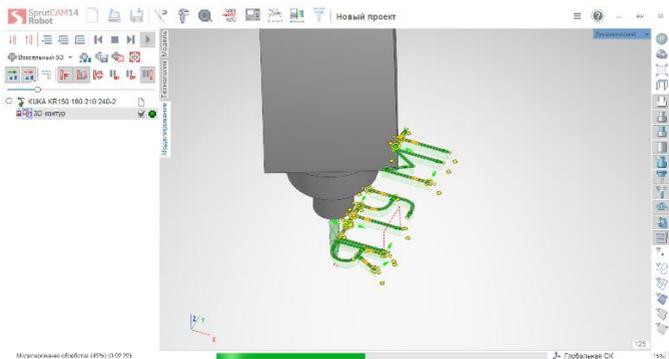


Рис. 2. Моделирование процесса обработки

#### 7. Создание управляющей программы.

Для создания управляющей программы робота нажимаем на инструмент «Постпроцессор». Выбираем в списке постпроцессор робота - Кука robot [2]. Запускаем генерацию программы и сохраняем её в файле (рис. 3).

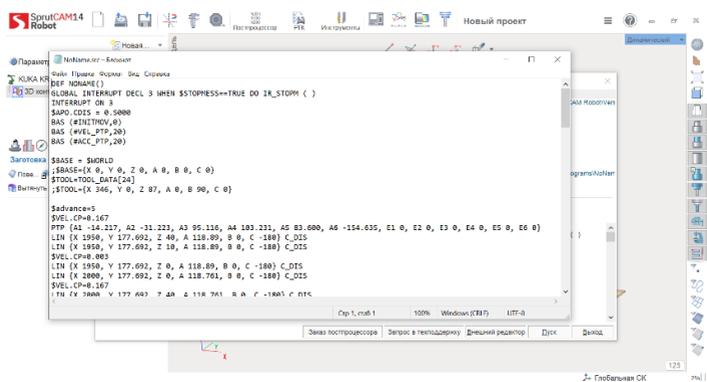


Рис. 3. Управляющая программа

## Фрагмент кода управляющей программы:

```
DEF NONAME ()
GLOBAL INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR_STOPM ( )
INTERRUPT ON 3
$APO.CDIS = 0.5000
BAS (#INITMOV,0)
BAS (#VEL_PTP,20)
BAS (#ACC_PTP,20)

$BASE = $WORLD
;$BASE={X 0, Y 0, Z 0, A 0, B 0, C 0}
;$TOOL=TOOL_DATA[24]
;$TOOL={X 346, Y 0, Z 87, A 0, B 90, C 0}

$advance=5
$VEL.CP=0.167
PTP {A1 -14.217, A2 -31.223, A3 95.116, A4 103.231, A5 83.600, A6
-154.635, E1 0, E2 0, E3 0, E4 0, E5 0, E6 0}
LIN {X 1950, Y 177.692, Z 40, A 118.89, B 0, C -180} C_DIS
LIN {X 1950, Y 177.692, Z 10, A 118.89, B 0, C -180} C_DIS
$VEL.CP=0.003
LIN {X 1950, Y 177.692, Z 0, A 118.89, B 0, C -180} C_DIS
LIN {X 2000, Y 177.692, Z 0, A 118.761, B 0, C -180} C_DIS
$VEL.CP=0.167
.
.
.
LIN {X 1950, Y 73.385, Z 40, A 115.839, B 0, C -180} C_DIS
PTP {A1 0.000, A2 -90.000, A3 90.000, A4 0.000, A5 0.000, A6
0.000, E1 0, E2 0, E3 0, E4 0, E5 0, E6 0}
END
```

Таким образом, требуемая управляющая программа для обработки заготовки получена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SprutCAM. URL: [www.sprutcam.com](http://www.sprutcam.com)
2. Яцун С.Ф. Программирование промышленного робота KUKA KR AGILUS: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» всех форм обучения / Сост.: С.Ф. Яцун, П.А. Безмен; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2020. 62 с.
3. KUKA Roboter GmbH SOFTWARE KR C2 / KR C3, Expert Programming KUKA System Software (KSS) Release 5.2.

## **ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ РОБОТ С МАНИПУЛЯТОРОМ MINI ARM**

**С.А. Герасимов, Н.А. Гладышев, А.А. Кулебякин**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются вопросы построения модели гусеничного транспортного робота с манипулятором на платформе Arduino UNO и создания управляющей программы и определения его работоспособности. Управляющие программы для транспортных роботов с манипуляторами различного типа являются важной частью программного обеспечения оборудования [1]. Поэтому, тема создания таких программ, в том числе для компьютерных транспортных систем [2], является актуальной.*

*Целью данного исследования является анализ особенностей построения гусеничного транспортного робота, и создание управляющей программы для манипулятора ZY Mini Arm, установленного на транспортный модуль и работающего на платформе Arduino Uno, с возможностью ее выполнения от компьютера и от смартфона, через последовательный интерфейс USB и интерфейс Bluetooth.*

**Ключевые слова:** транспортный робот, гусеничный транспортный модуль, манипулятор Mini Arm, мобильное приложение для смартфона, управляющая программа

## **CRAWLER TRANSPORT ROBOT WITH MANIPULATOR MINI ARM**

**S.A. Gerasimov, N.A. Gladyshev, A.A. Kulebyakin**

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

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the issues of constructing a model of a tracked transport robot with a manipulator on the Arduino UNO platform and creating a control program and determining its operability. Control programs for transport robots with manipulators of various types are an important part of the hardware software [1]. There-*

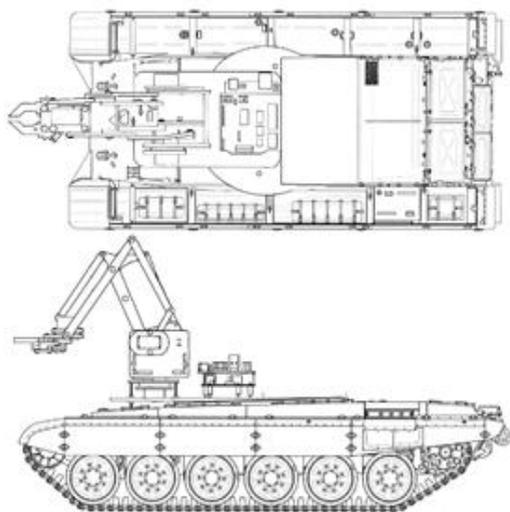
fore, the establishment of such programs, including computer transport systems [2], is relevant.

The aim of this study is to analyze the tracked vehicle building the robot, and the creation of the control program for the ZY Mini manipulator Arm mounted on a transport module and Arduino Uno, with the possibility of its implementation from the computer and from your smartphone via the serial interface and USB interface Bluetooth.

**Keywords:** transport robot, crawler transport module, Mini Arm manipulator, mobile application for smartphone, control program

**1. Транспортные роботы,** благодаря своим характеристикам и отсутствию субъективных факторов (человека), выполняют работы с высоким уровнем безопасности, обеспечивают высокую стабильность и повторяемость результатов, высокое качество работы. Робот можно условно разделить на следующие части: информационно-измерительная система; система принятия решений (система внутреннего управления); система связи; исполнительная система; система энергоснабжения; механика робота [3].

Процесс создания транспортного робота включает в себя следующие этапы: 1. Сборка манипулятора. 2. Подключение манипулятора к плате управления. 3. Настройка и калибровка манипулятора через мобильное устройство. 4. Проверка и настройка шасси. 5. Интеграция манипулятора на шасси. 6. Проверка работоспособности транспортного робота.



**Рис. 1. Макет гусеничного транспортного робота**

## 2. Устройство манипулятора ZY Mini Arm

На платформе размещается основание манипулятора, которое с помощью серводвигателя имеет возможность поворота относительно платформы на угол 180 градусов. Число степеней свободы определяет минимальное количество независимых переменных, необходимых для полного описания движения механической системы. Перемещение манипулятора в трехмерном пространстве координат (рис. 2), обеспечивается четырьмя серводвигателями, которые установлены в местах сочленения манипулятора.

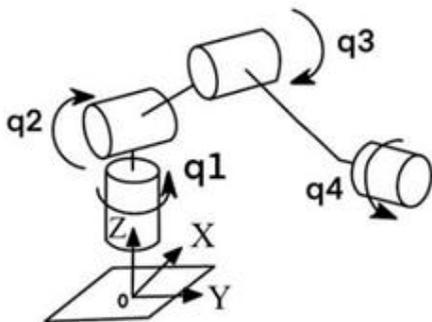


Рис. 2. Кинематическая схема манипулятора

Средства управления манипулятором включают в себя: микросервоприводы типа MG90D x4; контроллер Arduino UNO; плата расширения SENSOR SHIELD V5.0; модуль Bluetooth JDY-31; платформа манипулятора MiniArm; источник питания (внешний аккумулятор); компьютер с программным обеспечением (Arduino IDE 1.8.19); приложение для управления (Arduino Bluetooth).

**3. Среда разработки управляющей программы – Arduino IDE.** Управляющая программа написана с использованием стандартных библиотек Arduino. Управление манипулятором и проверка его функционирования реализуется посредством приложения Arduino Bluetooth, при помощи смартфона передаются команды на Bluetooth – модуль, соединенный с микроконтроллером Arduino UNO. Кнопки пульта позволяют управлять сервоприводами, контролирующими наклон звеньев манипулятора и работой захватного устройства. Управление серводвигателем, установленным в основании робота, позволяет осуществлять реверсивное вращение манипулятора.

Интерфейс управления создается при помощи приложения [5]. На компьютер сохраняется файл управляющей программы с расширением \*.ino, для последующей корректировки его в среде разработки программы

Arduino IDE. Тестовая программа, после корректировки записи в компьютер, через usb – кабель, загружается в микроконтроллер манипулятора. После загрузки происходит ее выполнение в автоматическом режиме, по команде с пульта управления от смартфона или ноутбука.



```
File Провод Сервис Инструменты Платформа
LDSOV_V_3C
#include <Servo.h>

Servo L1;
Servo L2;
Servo P1;
Servo P2;

int angle_servo_min = 0;
int angle_servo_max = 180; // минимальный угол
int angle_servo_max = 180;

int angle_L1_min = 0;
int angle_L1 = 0; // минимальный угол
int angle_L1_max = 180;

int angle_L2_min = 0;
int angle_L2 = 0; // минимальный угол
int angle_L2_max = 180;

int angle_P1_min = 0;
int angle_P1 = 0; // минимальный угол
int angle_P1_max = 180;

char str = " ";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED1, OUTPUT);
  digitalWrite(LED1, LOW);
  pinMode(L1, OUTPUT);
  pinMode(L2, OUTPUT);
  pinMode(P1, OUTPUT);
  pinMode(P2, OUTPUT);

  L1.write(angle_servo_min);
  L2.write(angle_servo_min);
  P1.write(angle_min);
  P2.write(angle_min);
}

void loop() {
```

Рис. 3. Фрагмент 1 программы управления модулем манипулятор

## Заключение

1. В результате выполнения научно-практической работы, была проведена работа по созданию физической модели манипулятора (на базе Arduino) на гусеничном ходу, способная совершать перемещение (грузов) по заданной траектории.
2. Был изучен состав, принципы и органы средств управления транспортным роботом. Для управления движением манипулятора используется микроконтроллер Arduino UNO.
3. Разработан алгоритм управления манипулятором Mini Arm. Программа, реализующая разработанный алгоритм, обеспечивает обмен данными между микроконтроллером, выполняет расчет углов для серводвигателей и формирование сигналов ШИМ.
4. Проведены эксперименты по управлению движением гусеничного транспортного робота с манипулятором.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Момот М.В.* Мобильные роботы на базе Arduino. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 336 с.
2. *Никитин Ю.Р.* Информационные процессы в устройствах диагностирования мехатронных систем / Ю.Р. Никитин, И.В. Абрамов // Интеллектуальные системы в производстве. 2011. № 2. С. 206-215.
3. *Белозеров К.А.* Разработка робота манипулятора на платформе ARDUINO с применением аддитивных технологий / К.А. Белозеров, А.А. Кулебякин // 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. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. 1144 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 203-206.
4. *Механика промышленных роботов* / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. М.: Высшая школа, 1989.
5. Программное обеспечение Arduino IDE. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

УДК 621.912

## СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО ПОСОБИЯ «КИНЕМАТИКА СТАНКА СПС-01»

**Ю.И. Владимиров, А.М. Шапошников**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена кинематика станка СПС-01. Изучены УКБ станка СПС-01.  
Создано обучающее пособие по дисциплине «Оборудование машиностроительно-  
го производства» по теме «Кинематика станков».*

**Ключевые слова:** кинематика станков, уравнение кинематического ба-  
ланса, обучающее пособие

## CREATION OF A TRAINING MANUAL "KINEMATICS OF THE MACHINE TOOL SPS-01"

**Yu.I. Vladimirov, A.M. Shaposhnikov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The kinematics of the SPS-01 machine tool is considered. Studied UKB machine  
SPS-01. A training manual on the discipline "Equipment of machine-building produc-  
tion" on the topic "Kinematics of machine tools" has been created.*

**Keywords:** machine tool kinematics, kinematic balance equation, tutorial

При изучении курса «Оборудование машиностроительного произ-  
водства» у многих студентов возникают проблемы с наглядностью учеб-  
но-методических пособий. Например, некоторые станки имеют слишком  
громоздкие кинематические схемы, зачастую усложненные незнанием  
художником строения механизмов станков. Для облегчения понимания  
материала студентами было принято решение о создании учебного посо-  
бия с помощью компьютерных средств, в частности, программы для соз-

дания презентаций Microsoft PowerPoint. Для создания пособия был выбран поперечно-строгальный станок СПС-01.

Для справки – основной задачей поперечно-строгального станка СПС-01 является обработка строганием горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей линейчатых фасонных поверхностей, а также пазов различного профиля у деталей малой массы и габаритов.

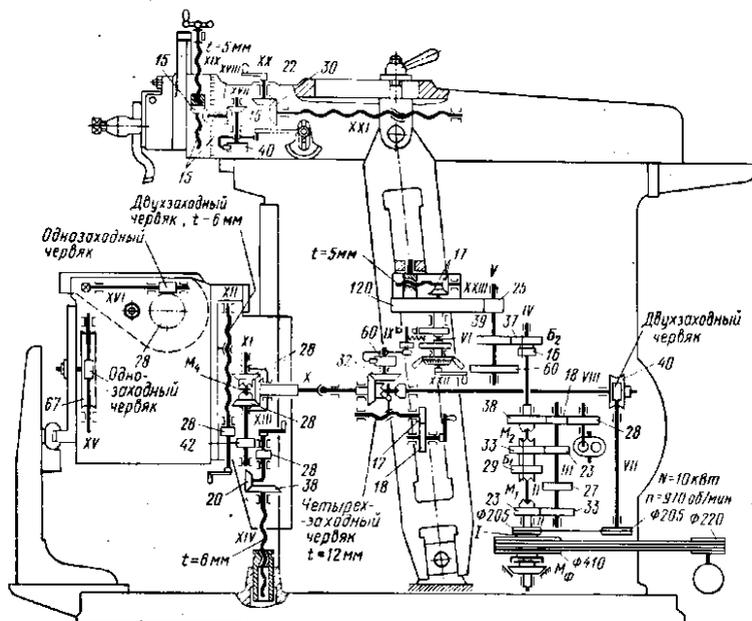


Рис. 1. Кинематическая схема станка СПС-01

Для создания пособия необходимо редактировать кинематическую схему. Вначале необходимо выделить всю цепь, участвующую в уравнении кинематического баланса, после чего создать последовательно инструментом «Заливка» обозначать задействованные механизмы (шестерни, сектора, кулису, храповый механизм и т.д.).

Для редактирования изображений кинематической схемы, в частности, выделения задействованных в уравнении кинематического баланса механизмов, был выбран графический редактор Gimp, как простая и удобная программа, инструментария которой вполне достаточно для поставленных задач.

После редактирования графических изображений наступил этап создания презентации в среде Microsoft PowerPoint. Слайды в презентации должны не только показывать графические отображения уравнений кинематического баланса, но и в доступной форме рассказать студентам о внешнем виде станка, строении некоторых его механизмов (в частности, для станка СПС-01 это кулисный и храповый механизмы). О каждом отдельном пункте рассказывает отдельный слайд.

Для упрощения подачи материала в презентации была создана система навигации путем создания содержания (расположенного на втором слайде) и активных кнопок (используя инструмент гиперссылок).

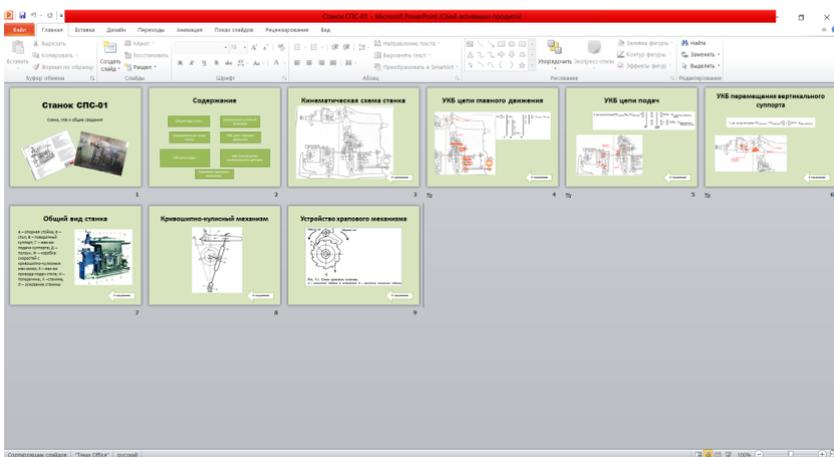


Рис. 2. Структура презентации

Подробнее остановимся на создании слайдов с кинематическими схемами. Для более ясного понимания студентами темы уравнения и изображения кинематических схем стоит выводить на экран постепенно, поэтапно. Для этого используем инструмент «Анимации». Основным инструментом будет анимация «Появление». Разделяем описание уравнения кинематического баланса на простейшие части для отслеживания всех направлений передачи механической энергии. Преследуя эту цель, вставляем изображения одно поверх другого, строго соблюдая порядок выполнения анимации появления. Каждый отдельный фрагмент вызывается кликом мыши.

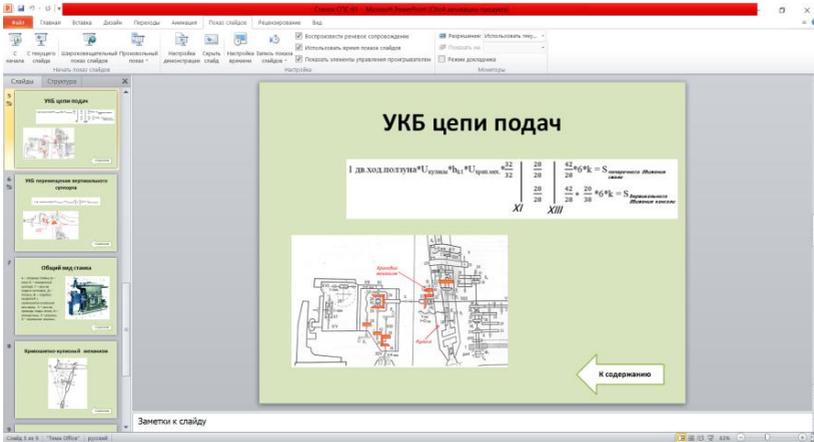


Рис. 3. Пример слайда. Уравнение кинематического баланса цепи подач

Таким образом, созданное в виде презентации обучающее пособие может облегчить понимание студентами темы «Кинематика строгальных станков», а также позволить сделать учебный материал более наглядным, что, несомненно, положительно сказывается на образовательных результатах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проников А.С. *Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов* / Под ред. А.С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 479 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3 т. Т. 2; Ч. 2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др.; под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана; Машиностроение, 1995. 320 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕМОНТ СТАНЦИИ ПОДАЧИ И ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА 3Г71М**

**Е.А. Никифоров, Н.Н. Лиханов, К.А. Теленков, А.В. Греков**

Научный руководитель – **А.В. Греков**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются особенности процессов диагностики основных и вспомогательных узлов станции очистки смазочно-охлаждающей жидкости плоскошлифовального станка 3Г71М. Определены наиболее механически нагруженные узлы и компоненты станции. Предложен унифицированный порядок выполнения первичной диагностики станции.*

**Ключевые слова:** плоскошлифовальный станок, станция очистки смазочно-охлаждающей жидкости

## **MODERNIZATION AND REPAIR OF THE COOLANT CLEANING STATION OF 3G71M SURFACE GRINDING MACHINE**

**E.A. Nikiforov, N.N. Likhanov, K.A. Telenkov, A.V. Grekov**

Scientific Supervisor – **A.V. Grekov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the features of the processes of modernization and repair of the main and auxiliary units of the station for cleaning the lubricating-cooling liquid of the surface grinding machine 3G71M. The most mechanically loaded units and components of the station have been determined. A unified procedure for performing primary diagnostics of the station is proposed.*

**Keywords:** surface grinding machine, station for cleaning lubricating and cooling liquid

Механическая обработка металлов сопровождается активным физико-химическим взаимодействием между заготовкой, инструментом и окружающей средой. В качестве окружающей среды выступает воздух или смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) [1].

Основополагающим документом, устанавливающим требования к чистоте СОЖ является ГОСТ Р 50558-93 «Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Общие технические требования» [2]. Данный стандарт описывает требования, необходимые для показателей чистоты СОЖ, при проектировании и эксплуатации систем СОЖ.

Станция очистки СОЖ – устройство, предназначенное для отделения мелких металлических включений в смазочно-охлаждающей жидкости, в основной массе это мелкая стружка и металлическая пыль от инструмента и обрабатываемой детали. Станции очистки СОЖ могут быть применимы к различным станкам, но особенно важно их использование на станках, обеспечивающих высокую точность обработки и качество обрабатываемой поверхности, например на плоскошлифовальных.

На сегодняшний день, диагностика технического состояния систем металлорежущих станков, в том числе станций СОЖ, выступает одним из главных элементов предотвращения внезапных отказов и простоя оборудования [3].

Исходя из этого, целью данной работы являлся анализ особенностей диагностики станции очистки СОЖ на примере плоскошлифовального станка 3Г71М.

Внешний вид станции очистки СОЖ плоскошлифовального станка 3Г71М представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Внешний вид станции очистки СОЖ плоскошлифовального станка 3Г71М**

Основными элементами представленной на рис. 1 станции являются: накопительный бак (объемом 80 л), шламособорник, помпа (насос) подачи СОЖ, магнитный сепаратор, электродвигатель магнитного сепаратора, электродвигатель помпы.

В ходе исследования нами был разработан и апробирован унифицированный порядок выполнения первичной диагностики станции СОЖ плоскошлифовального станка 3Г71М. Схема предлагаемого порядка представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Унифицированный порядок выполнения первичной диагностики станции СОЖ плоскошлифовального станка 3Г71М**

В основу представленного на рис. 2 порядка положена идея поочередной проверки наиболее ответственных и подверженных износу при эксплуатации элементов станции очистки и подачи СОЖ, без использования специального оборудования.

Таким образом, предлагаемый порядок выполнения первичной диагностики станции СОЖ плоскошлифовального станка 3Г71М обладает свойствами последовательности и вариативности порядка действий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.Г. Система предварительной подготовки смазочно-охлаждающей жидкости // Материалы III межрегиональной студенческой научно-практической конференции «Человек в природном, социальном и социокультурном окружении», г. Ижевск, 5 апреля 2019 г. Ижевск, 2019. С. 122-126.
2. ГОСТ Р 50558-93 «Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Общие технические требования». М.: Стандартинформ, 1994. 10 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт металлообрабатывающих станков с ЧПУ на основе безразборной диагностики технического состояния / В.И. Писарев, А.А. Ваганов, А.Ф. Денисенко, И.О. Тютюрев // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. № 1-2. С. 508-514.

УДК 621.941.23

## СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТОКАРНОГО СТАНКА

**Р.А. Молчанов, А.М. Шапошников**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается способ создания обучающей программы с описанием кинематической схемы и уравнений кинематического баланса станка ТМЦ-200.*

***Ключевые слова:** кинематическая схема, обучающая программа, многоцелевой токарный станок*

## CREATING A TUTORIAL FOR THE MULTI-PURPOSE LATHE

**R.A. Molchanov, A.M. Shaposhnikov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines a method for creating a training program with a description of the kinematic scheme and equations of the kinematic balance of the TMC-200 machine.*

***Keywords:** kinematic diagram, tutorial, multi-purpose lathe*

С целью понятного и доступного описания кинематической схемы и уравнений кинематического баланса станка ТМЦ-200 необходимо создать презентацию в программе Microsoft PowerPoint. В открытом доступе есть подобные материалы, но иллюстрации к ним находятся либо на бумажном носителе, либо плохого качества.

Для создания графических изображений воспользуемся программой AutoCAD. Этапы построения кинематической схемы в студенческой версии программы AutoCAD:

1. Строим кинематическую схему многоцелевого токарного станка ТМЦ-200, руководствуясь соответствующими материалами [1, 2];
2. Добавляем необходимые подписи на схеме, выделяем их другим цветом;
3. Сохраняем файл формата .dwg, чтобы можно было при необходимости исправить в дальнейшем какие-либо ошибки;
4. Нажимаем кнопку Печать и сохраняем изображение в максимальном качестве в формате .jpeg;

Получившееся изображение кинематической схемы представлено на рис. 1.

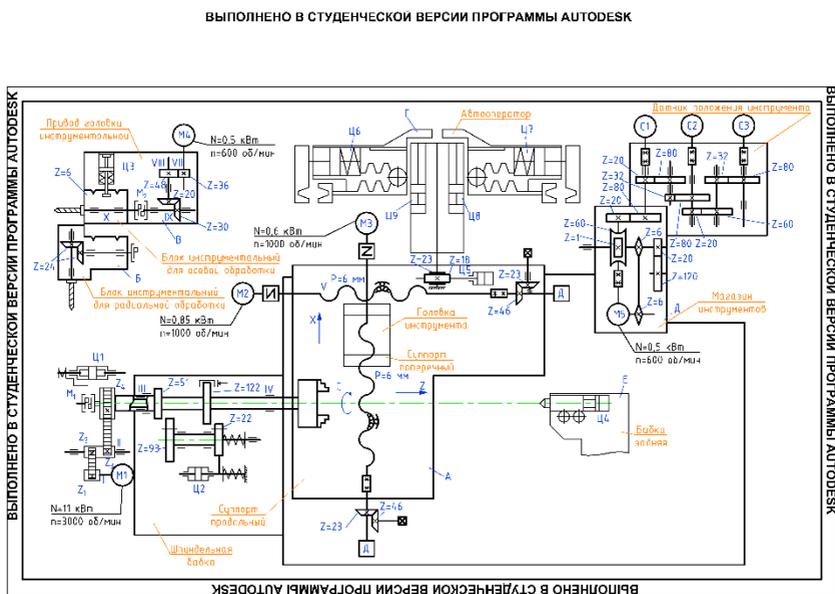


Рис. 1. Кинематическая схема

Далее необходимо отредактировать изображение в программе Photoshop.



Результат изображён на рис. 3.

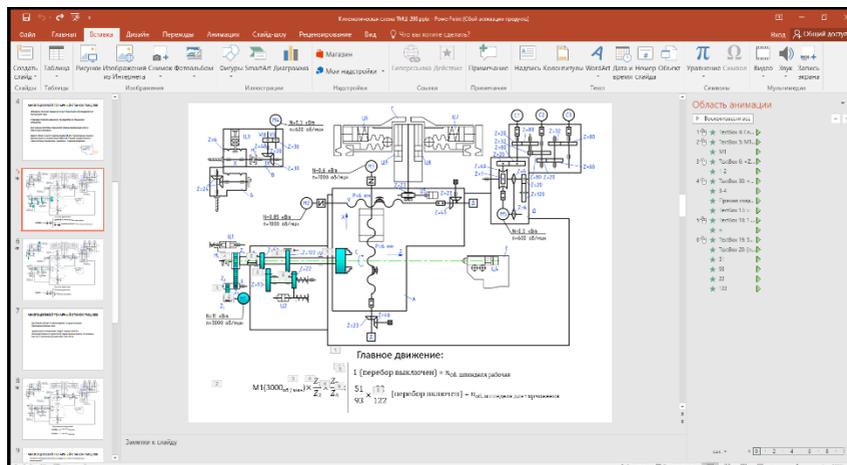


Рис. 3. Уравнение кинематического баланса

Таким образом, получили презентацию для обучающей программы по станку токарной группы, которая позволяет в доступной форме показать его устройство и кинематическую схему.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Проников А.С.* Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. А.С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3 т. Т.2; Ч.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др.; под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Машиностроение, 1995. 320 с.

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AR-ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ ЯЗЫКОВ HTML И JAVASCRIPT**

**А.С. Балмасов, Д.А. Езжев, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается методика применения AR технологий для машино-  
строительного производства; описываются этапы разработки кода и взаимо-  
действие с хост-сервером на этапе отладки и эксплуатации.*

*Ключевые слова: 3D-модель, CAD/CAM, Fusion 360, WEB – AR, HTML,  
JavaScript*

## **DEVELOPMENT OF ASSEMBLY INSTRUCTIONS USING AR-TECHNOLOGIES BASED ON HTML AND JAVASCRIPT**

**A.S. Balmasov, D.A. Ezzhev, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The technique of application of AR technologies for machine-building produc-  
tion is considered; describes the stages of code development and interaction with the  
host server at the stage of debugging and operation.*

*Keywords: 3D-model, CAD/CAM, Fusion 360, WEB – AR, HTML, JavaScript*

В современном мире все больше компаний и производств осваивает технологии дополненной реальности (AR-технологии). Данные технологии позволяют просмотреть какие-либо объекты, а точнее их модели, даже если оригиналы в данный момент недоступны. В производстве это облегчает понимание, каким образом должна выглядеть деталь или, например, целая производственная линия.

Практически все предприятия машиностроительной отрасли используют различные CAD/CAM системы. Это уменьшает время освоения предприятием технологии дополненной реальности, если нужные детали или приспособления переведены в 3D-модели.

В данном исследовании рассматривалось создание сайта с технологиями AR на базе программного языка JavaScript для использования в дальнейшем предприятием. Создание и вывод 3D-моделей в нужный формат было освоено с помощью CAD/CAM системы Fusion 360.

Объектом работы было создание некой инструкции – анимированной иллюстрации на примере сборки цифрового макета станочного приспособления из 3D-моделей элементов универсально-сборных приспособлений (УСП) при помощи дополненной реальности.

При поиске информации были обнаружены статьи [4] и [5], но первая статья описывает только возможности среды AR, а сами методы создания дополненной среды не рассмотрены; вторая и третья показывают, что УСП в настоящее время развиваются и усложняются, что отражает актуальность нашего исследования.

Для решения поставленных задач изначально было выявлено несколько вариантов:

1. Поиск подходящее приложение для просмотра 3D-моделей в дополненной реальности.
2. Использование продукции компании PTC.
3. Разработка своего приложения для просмотра 3D-моделей в дополненной реальности.
4. Создание сайта с использованием AR технологий.

После оценки сложности внедрения и затрат, первый пункт был исключён, так как подходящих приложений в AppStore и Play-маркет не было найдено.

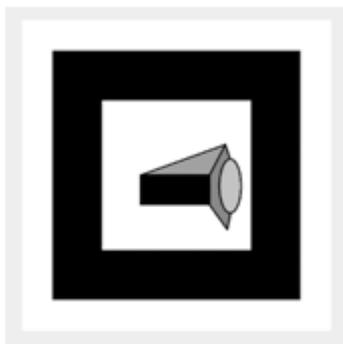
Второй и третий пункты рассмотрены в работах других студентов, где описаны особенности создания приложения и работы в продуктах PTC.

Четвёртый пункт был выбран, т.к. сайт более прост в реализации на предприятиях, чем приложение. Дополнительным достоинством является кроссплатформенность, то есть мы не привязаны к определённой ОС, необходим только браузер с поддержкой AR-модулей.

В ходе поиска информации в русскоязычном сегменте интернета полезной и нужной информации нет, поэтому самыми эффективными источниками для нас стали официальные сайты библиотек A-frame [1] и AR.js [2].

Для создания 3D-моделей и вывода их в нужный формат использовалась CAD/CAM система Fusion 360.

Будущая AR – сборка, по нашему плану, должна была привязываться к определённой картинке, именуемой «AR-метка», которые создавались на сайте AR.js.MarkerTraining, куда загружался созданный нами рисунок в форматах .png или .jpg, который и становился меткой для будущей среды дополненной реальности (рис. 1). На выходе мы получали два файла с расширениями .patt и .jpg, которые необходимо было указать в коде создаваемого сайта.



**Рис. 1. Созданная AR-метка**

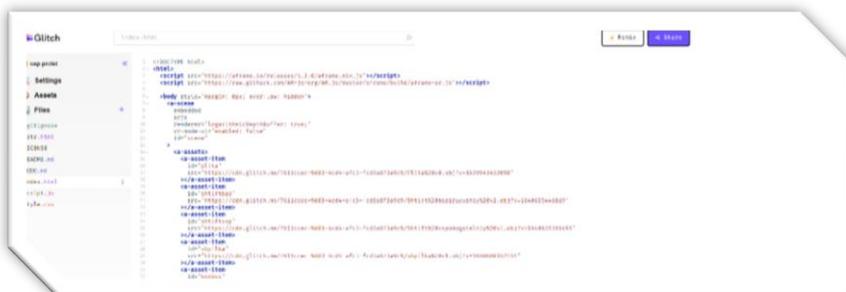
Разработка и проверка сайта производилась на бесплатном хостинге glitch.com [3], который требует только регистрации. Это бесплатный хостинг-сервис, который не требует знаний по наладке сервера для сайта. Он автоматически размещает сайт в интернете. В дальнейшем с сервиса можно будет загрузить все файлы и запустить их в локальную сеть предприятия.

На примете были и другие хостинг – сайты, но там отсутствует такой же широкий функционал в бесплатных версиях, а если использовать вариант с изначальным запуском локального сервера, то результат работы нельзя просмотреть на смартфоне и показать работу AR-среды должным образом.

Фрагмент кода сайта, созданного с нуля, показан на рис. 2. В таблице 1 приведено описание некоторых ключевых строк кода. Более подробное описание будет представлено во время доклада.

Сборка и анимация происходила в самом коде сайта по координатам отдельных элементов. Модели загружались в меньшем масштабе для их адекватного отображения. Использовался масштаб 1:100.

Дополнительным пунктом было преобразование ссылки на сайт в собственный QR-код с помощью сервиса QRcoder.ru [6]. Данным действием планировалось ускорить переход пользователя на сайт, т.к. ручной набор или копирование ссылки относительно трудоёмкое действие.



**Рис. 2. Код нашего сайта, набранный на glitch.com**

**Таблица 1. Разбор элементов кода**

Код	Пояснение
<pre>&lt;script src="https://aframe.io/releases/1.2.0/aframe.min.js"&gt;&lt;/script&gt;   &lt;script src="https://raw.githack.com/AR-js-org/AR.js/master/aframe/build/aframe-ar.js"&gt;&lt;/script&gt;</pre>	<p>Загрузка скриптов A-frame и AR.js</p>
<pre>&lt;a-scene embedded arjs renderer="logarithmicDepthBuffer: true;" vr-mode-ui="enabled: false" id="scene" &gt;</pre>	<p>Открытие сцены и описание ее параметров</p>
<pre>&lt;a-assets&gt; &lt;a-asset-item id="plita" src="https://cdn.glitch.me/7611ccec-9d83-4cd4-afc3-fcd3a873a9c9/Plita%20v0.obj?v=1639943452090" &gt;&lt;/a-asset-item&gt;</pre>	<p>Загрузка 3D-моделей и присвоение им идентификаторов</p>
<pre>&lt;a-entity position="0.7024 0.30 0.3275" scale="0.01 0.01 0.01" rotation="-90 0 0" material="color: blue" animation="property: position; from: 0.7024 1 0.3275; to: 0.7024 0.1 0.3275; easing: linear; loop: false; dur: 5000" obj-model="obj: #shtiftbaz"</pre>	<p>Описание модели, ее материала, позиции и анимации</p>

После написания программного кода сервис glitch.com автоматически его сохранил и запустил в сеть. Таким образом, сайт подготовлен к использованию.

Порядок работы с сайтом включает следующие пункты:

1. Переход на наш сайт по ссылке <https://usp-prolet.glitch.me> или QR-коду;
2. Разрешение доступа сайта к камере смартфона;
3. Сканирование маркера (см. рис. 1).

После этого на маркере появились элементы приспособления (рис. 3), с которыми можно взаимодействовать, нажимая по ним пальцем.



**Рис. 3. Результат работы сайта**

В ходе выполнения данного исследования был самостоятельно создан сайт, работающий в среде дополненной реальности, в который мы загрузили собственную AR-метку и созданные в CAD/CAM системе Fusion360 3D-модели элементов заводского приспособления. В дальнейшем планируется доработка и улучшение сайта путём внесения большего числа возможностей, а также запуск сайта на предприятии в тестовом режиме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Web-страница Introduction A-Frame. URL: <https://aframe.io/docs/1.2.0/introduction/> (дата обращения 10.12.2021).
2. Web-страница AR.js Documentation. URL: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/#import-the-library> (дата обращения 11.12.2021).
3. Web-страница Glitch. URL: <https://glitch.com> (дата обращения 10.12.2021).
4. *Феофанов А.Н.* VR/AR-технологии и их применение в машиностроении // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. № 4. С. 44–48.
5. *Kršulja M.* Assembly setup for modular fixture machining process // Advanced engineering. 2009. № 3.

## **К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБНЫХ ДОСОК ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

**И.В. Диев, Н.С. Пасичниченко, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается предложенная методика разработки управляющих программ (УП) при изготовлении серии отверстий решетки теплообменника. Используется цифровое прототипирование детали в CAD/CAM CimatronE с последующим использованием модели для автоматического распознавания геометрии и формирования УП на основе рассчитанных траекторий режущего инструмента.*

**Ключевые слова:** 3D-модель, CAD/CAM, G-код, решетка теплообменника

## **ON THE ISSUE OF TECHNOLOGY DESIGN MANUFACTURE OF PIPE BOARDS HEAT EXCHANGERS**

**I.V. Diev, N.S. Pasichnichenko, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The proposed methodology for the development of control programs (UP) in the manufacture of a series of openings of the heat exchanger grate is considered. The digital prototyping of the part in CAD/CAM CimatronE is used, followed by the use of a model for automatic recognition of geo-metrics and the formation of UP based on the calculated trajectories of the cutting tool.*

**Keywords:** 3D model, CAD/CAM, G-code, heat exchanger grid

При изготовлении теплообменников стандартной задачей является изготовление серии отверстий в заготовке торцевой решетки. При существующем подходе выполняется разметка центров отверстий и последующее сверление осевым инструментом. Технологическая подготовка

производства может быть ускорена путем предварительного моделирования детали и автоматизированным расчетом в САМ-системе траекторий выбранного инструмента [1-3]. Как правило, при проектировании в САД-системе создается чертеж детали, который можно использовать путем доработки до 3D-модели с последующей конвертацией в формат, распознаваемый САМ-системой.

В данной работе использованы типовые чертежи, выполненные в Inventor в ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ» (рис. 1, 2).

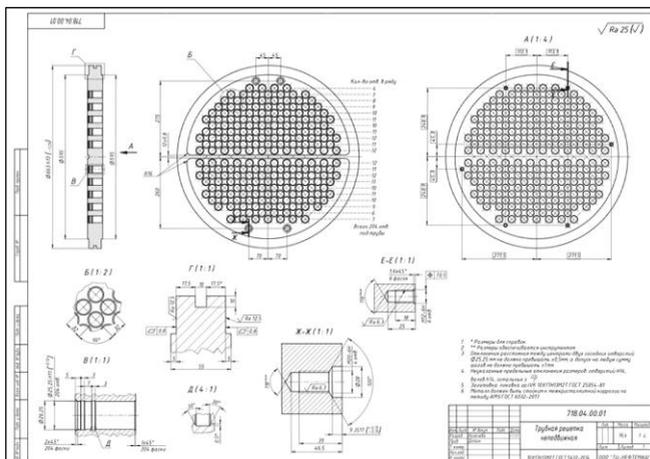


Рис. 1. Чертеж первой решетки

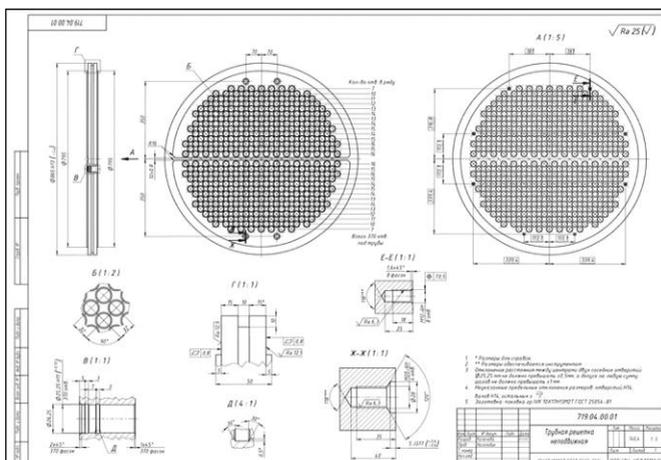
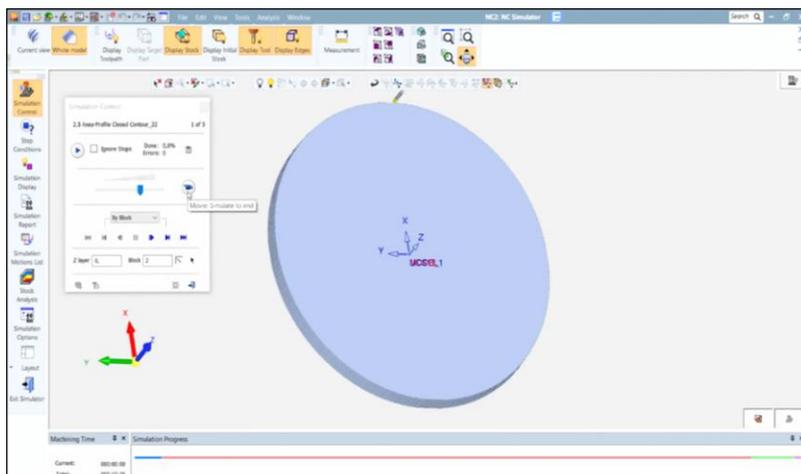


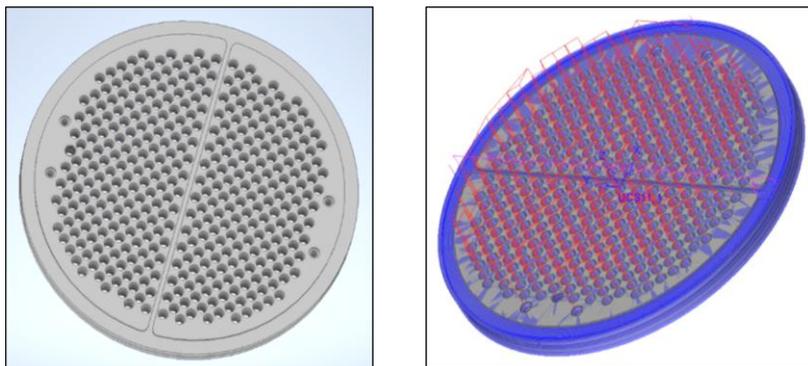
Рис. 2. Чертеж второй решетки

В докладе показано, как эти чертежи были доработаны в СimatronE до 3D-модели и на них выполнено моделирование траекторий режущего инструмента, а затем и анимация обработки отверстий (рис. 3).



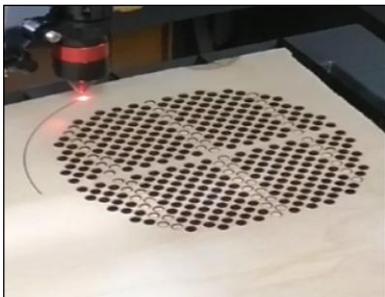
**Рис. 3. Один из этапов работы в Сimatron**

На рис. 4 показаны: 3D-модель и траектория инструмента при обработке отверстий трубных решеток.



**Рис. 4. 3D-модель и траектория осевого инструмента**

С целью проверки правильности проектирования использовалась имитация обработки на станке лазерной резки по спроектированной управляющей программе (рис. 5).



**Рис. 5. Физическая модель решетки после лазерной резки**

Таким образом, в результате работы были созданы 3D-модели трубных решеток и спроектированы в CAD/CAM Cimatron управляющие программы (УП) для их изготовления на станках с ЧПУ. На лазерном станке в целях проверки работоспособности УП была получена физическая модель одной из трубных решеток.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачёв О.Н.* Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // Информационные технологии. 2000. № 6. С. 14-18.
2. Цифровое прототипирование. Моделирование в CAD/CAM SIMATRON механообработки на фрезерном станке с ЧПУ / Сост.: О.Н. Калачев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 38 с.
3. Web-страница кафедры КИ ТМС ЯГТУ. URL: <http://tms.ystu.ru>

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО СБОРКЕ В СРЕДЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UNITY И VUFORIA ENGINE**

**Д.А. Езжев, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается методика создания AR–приложения, которое может использоваться в машиностроительном производстве, на движке Unity совместно с Vuforia Engine. Попутно изучаются возможности CAD/CAM системы Fusion360 при создании 3D-моделей объектов.*

*Ключевые слова:* CAD/CAM, 3D-модель, AR–приложение, Unity, Vuforia Engine

## **DEVELOPMENT OF ASSEMBLY INSTRUCTIONS IN THE ENVIRONMENT OF AUGMENTED REALITY USING UNITY AND VUFORIA ENGINE**

**D.A. Ezzhev, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A technique for creating an AR application that can be used in engineering production on the Unity engine in conjunction with the Vuforia Engine is considered. Along the way, the possibilities of the CAD / CAM system Fusion360 are being studied when creating 3D models of objects.*

*Keywords:* CAD/CAM, 3D-model, AR–application, Unity, Vuforia Engine

Технологии дополненной реальности (AR-технологии) укрепляют свои позиции в различных сферах деятельности людей. Совершенно неоправданно то, что они обошли промышленность, ведь их использование предполагает создание более комфортных условий взаимодействия с производственными орудиями труда.

Так как в последнее время увеличивается число предприятий, которые признают первичность 3D-модели по отношению к чертежу, то они активно используют CAD/CAM системы, что положительно сказывается на развитии идеи внедрения AR-технологий, ведь это позволяет упростить и ускорить переход к дополненной реальности.

В данном исследовании рассматривается создание мобильного приложения с AR-технологиями для машиностроительного предприятия. Изучаются также возможности программного обеспечения Fusion 360, используемое для создания и вывода 3D-моделей в нужном формате.

Исследование проводилось в сотрудничестве с машиностроительным предприятием. Целью данного взаимодействия было создание виртуального макета сборки станочного приспособления из 3D-моделей элементов универсально-сборных приспособлений (УСП) [1]; создание своеобразной инструкции сборки приспособления, с использованием анимации в среде дополненной реальности.

При поиске соответствующей информации были найдены статьи [1], [2] и [3]. Вторая статья показывает, что работа в данном направлении уже ведётся; в ней представлены некоторые моменты создания AR-среды, но использованы только статичные объекты. Первая и третья статьи из этого списка показывают, что инструментальные и станочные приспособления в настоящее время активно развиваются, что ведёт к усложнению конструкции. Вместе все эти источники подкрепляют актуальность работы, проведённой в данном исследовании.

При первичном анализе условий и поиске путей решения поставленной задачи было выявлено три направления дальнейших действий:

1. Использование уже имеющихся приложений для просмотра 3D-моделей в дополненной реальности.
2. Разработка сайта с использованием технологий WEB-AR.
3. Разработка собственного приложения для просмотра анимированных 3D-моделей в дополненной реальности.

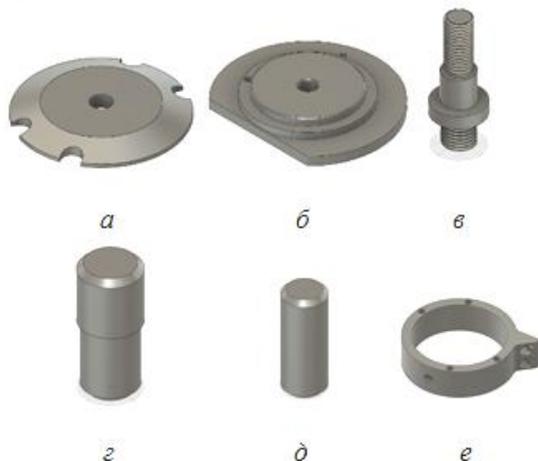
Первый пункт был исключён, так как приложений, удовлетворяющих нашим запросам, в AppStore и Play-маркет не оказалось.

Второй пункт хоть и имеет ряд достоинств, среди которых выделяются реализуемость внедрения на производстве посредством использования любого интернет-браузера и кроссплатформенность, но обладает недостатками, главным из которых является то, что весь процесс разработки осуществляется путём написания программного кода, для чего нужны соответствующие знания и опыт.

Третий пункт показался нам наиболее привлекательным, т.к. сейчас имеется неограниченный доступ к межплатформенной среде разработки игр и приложений Unity [4], которая обладает понятным интерфей-

сом и множеством средств и инструментов создания AR–приложений с нуля.

При создании анимированных перемещений использовались предварительно созданные в Fusion 360 3D–модели (рис. 1) деталей экспериментального приспособления.



**Рис. 1. Созданные 3D–модели элементов УСП:**

*a* – призматическая шайба, *b* – плита, *v* – шпилька, *z* – штифт базировочный, *d* – штифт вспомогательный, *e* – корпус фрезы

После создания 3D–моделей был составлен перечень задач, которые необходимо было решить в ходе разработки AR – приложения:

- 1) обеспечение возможности работы приложения на широком списке устройств;
- 2) создание условий для корректной работы AR–среды;
- 3) создание управляемых анимаций, показывающих процесс сборки – разборки УСП;
- 4) задание двух способов отображения объектов: сканирование AR – метки или определение плоскости;
- 5) создание интерфейса, понятного для пользователя.

В арсенале Unity имеется две среды для разработки приложений дополненной реальности: ARCore предназначена для Android, ARKit – для iOS от Apple. В каждой среде необходимо создавать отдельный проект со своими особенностями, учитывая список совместимых устройств, где представлены далеко не все устройства. Поэтому было принято решение внедрить в Unity инструментарий Vuforia Engine [5], позволяющий

реализовать один проект для нескольких устройств путём смены платформы в компиляторе Unity, и работающий практически на всех устройствах. Для работы с Vuforia в Unity необходимо зарегистрироваться на сайте Vuforia Developer Portal, на котором нужно создать лицензионный ключ разработчика (Development key), который позволяет использовать надстройки Vuforia в среде Unity. Также нужно скачать пак с необходимыми компонентами для Unity и создать базу данных, в которую загружаем любое изображение в формате .png, или .jpg. (рис. 2), которое будет AR–меткой, инициирующей появление 3D–объекта в будущем AR–приложении.



**Рис. 2. Метка для AR–приложения**

При установке Unity добавлялись необходимые библиотеки для создания приложений на базе Android и iOS. Все эти библиотеки уже имеются в Unity Hub, который является менеджером аккаунта, упрощающим работу с Unity. Далее импортировался пак с компонентами Vuforia в Unity и активировалась ранее полученная лицензия разработчика путём записи ключа в соответствующем окне, а также подключалась база данных, в которой находится наша AR–метка (см. рис. 2) После этого начиналась разработка приложения. Чтобы мобильное приложение работало в среде дополненной реальности, мы поменяли “Main camera”, которая используется для разработки компьютерных и мобильных игр, на AR camera от Vuforia.

Далее мы импортировали созданные 3D–модели в формате .obj в Unity и разместили их так, как мы хотим их видеть в приложении (рис. 3).

Следующим шагом стала запись анимации сборки и разборки, согласно разработанному сценарию и траекториям, используя решение Animations, и задание логики отображения и взаимодействия отдельных анимаций в Animator. Для задания логики на данном этапе удобно использовать метод Trigger и Int. Первый метод позволяет создать «ключе-

вое слово», которое потом необходимо присвоить кнопке; таким образом можно настроить последовательное проигрывание анимации по нажатию кнопки. Метод `Int` присваивает каждой анимации определённый номер. Далее можно создать список с кнопками, в котором каждой кнопке присвоить номер, тем самым мы добавим способ управляемого проигрывания анимации.

После работы с анимацией производился этап добавления элементов UI, в числе которых кнопки, списки, текстовые поля и т.д., которые выбирались в соответствии с целями проекта.

Далее по плану создавалась новая пустая сцена, в которой камера будет искать плоскую поверхность и размещать на ней объект. В этой сцене мы также поменяли `Main camera` на `AR camera` от `Vuforia` и также добавили инструменты `Ground Plane Stage` и `Plane Finder` от `Vuforia`, которые необходимы для поиска и определения плоскости. Далее добавили модели, анимацию и элементы UI, как на предыдущей сцене (рис. 4). В этом методе отображения 3D-моделей на плоскости можно поставить на одну поверхность либо один объект, либо создать объект и добавить несколько его клонов. Делается это путём изменения параметра мультипликатора.

Для удобного переключения между режимами работы была создана третья сцена, в которую были добавлены только элементы UI, отвечающие за включение того или иного режима. Для того, чтобы кнопки заработали, мы присвоили каждой сцене свой номер и написали простой скрипт, который отвечает за смену и загрузку сцены.

После того как работа в среде `Unity` была закончена, нужно было скомпилировать приложение, для чего в окне `Build settings` поменяли целевую операционную систему с `Windows` на `Android`, и произвели её настройку. По итогу компиляции получили файл `.apk`, который перенесли и установили на телефон. Проверили работоспособность приложения (рис. 5).

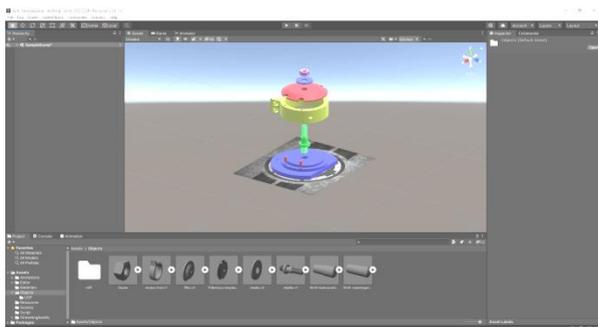
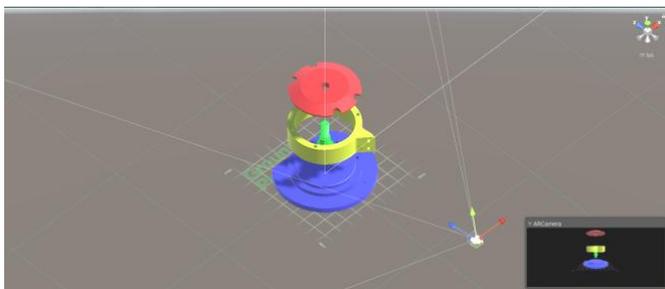
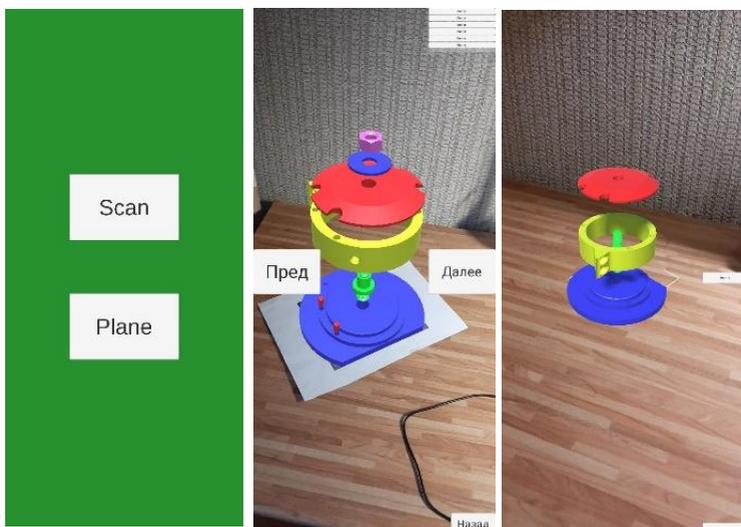


Рис. 3. Сцена с приспособлением на метке в среде разработки `Unity`



**Рис. 4. Сцена с элементами приспособления на заданной виртуальной плоскости**



**Рис. 5. Разработанное приложение**

Таким образом, в ходе данного исследования было создано приложение дополненной реальности, которое позволяет проигрывать в дискретном режиме процесс сборки УСП в реальном времени, не имея данное приспособление под рукой в настоящий момент. Далее планируется доработка приложения, добавление новых функций и опытная эксплуатация на предприятии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачёв О.Н.* Методика использования CAD/-CAM Cimatron для интерактивного проектирования сборок технологической оснастки / О.Н. Калачёв, Е.И. Яблочников // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. № 12. С. 7-11.
2. *Решетникова Е.С.* Разработка метода визуализации производственных объектов с применением технологий дополненной реальности / Е.С. Решетникова, Т.В. Усагая, Л.В. Курзаева // Программные системы и вычислительные методы. 2021. № 1. С. 10-21. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=32708](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=32708) (дата обращения 03.02.2022).
3. *Kršulja M.* Assembly setup for modular fixture machining process // Advanced engineering. 2009. № 3.
4. Web-страница, Unity Documentation / Unity User Manual 2020.3 (LTS). URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата обращения 05.02.2022).
5. Web-страница, Vuforia Developer library / Getting Started with Vuforia Engine in Unity. URL: <https://library.vuforia.com/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity> (дата обращения 06.02.2022).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**К.С. Леон, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрен обзор создания AR-проекта для применения в процессе сборки приспособлений для механообработки, дан краткий обзор функционала и области применения полученного AR-проекта.*

**Ключевые слова:** *схема сборки; AR-технологии; универсально-сборные приспособления (УСП); CAD/CAM; машиностроение; подготовка производства; Creo Parametric; Creo Illustrate; Vuforia Studio; Vuforia View*

## **THE USE OF AUGMENTED REALITY IN THE ASSEMBLY PROCESSES OF THE ENGINEERING INDUSTRY**

**K.S. Leon, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

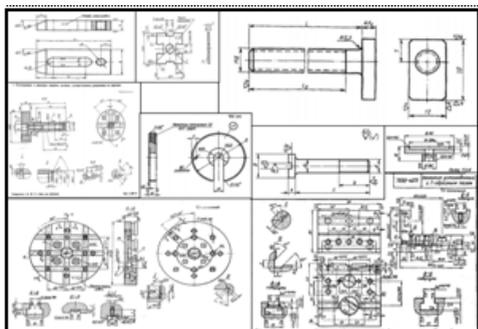
*An overview of the creation of an AR project for use in the process of assembling fixtures for machining is considered, a brief overview of the functionality and scope of the resulting AR project is given.*

**Keywords:** *assembly diagram; AR-technology; universal-prefabricated devices (UPD); CAD/CAM; engineering industry; pre-operating phase; Creo Parametric; Creo Illustrate; Vuforia Studio; Vuforia View*

Современные реалии машиностроения демонстрируют применение AR-технологий (технологий дополненной реальности) в процессе конструкторско-технологической подготовки производств (КТПП) и во

время производства изделий [1-3]. В данном исследовании показано применение дополненной реальности на одном из важных этапов КТПП.

Для создания AR-проекта были выбраны следующие решения от компании Parametric Technology Corporation (PTC): Creo Parametric; Creo Illustrate; Vuforia Studio; Vuforia View. В качестве примера рассмотрена последовательность создания AR-проекта для визуализации сборки станочного приспособления для обработки крышки подшипника на станке с ЧПУ.



**Рис. 1. Чертежи деталей из ГОСТ**

На подготовительном этапе необходимо по существовавшим «бумажным» чертежам (рис. 1) подготовить библиотеку цифровых прототипов деталей комплекта универсальных сборочных приспособлений [4, 5]. Созданные в CAD/CAM Creo Parametric 3D-модели деталей, использованных при сборке приспособления, представлены на рис. 2.

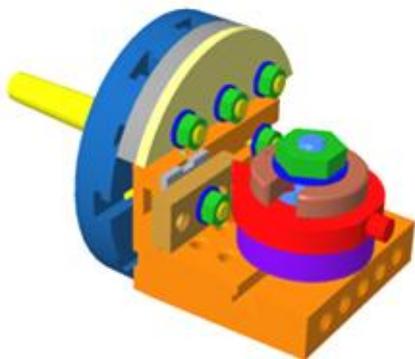


**Рис. 2. Созданные 3D-модели**

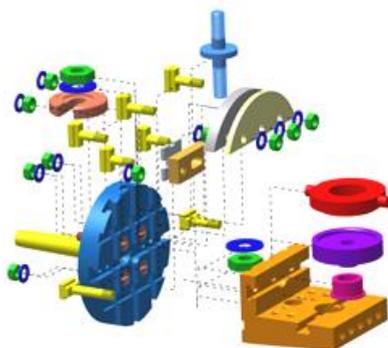
Далее необходимо выполнить сборку приспособления в Creo Parametric, при этом на основе изучения структуры и функционирования приспособления предусмотреть последовательность вхождения каждой детали. Для наглядного понимания сопряжения деталей сборочные еди-

ницы были выполнены в различных цветах, но при этом детали одного типа имеют одинаковую окраску (рис. 3).

Следующим этапом AR-проекта является создание «иллюстрации» схемы разборки- сборки станочного приспособления, которая сделана по разработанной схеме сборки в приложение Creo Illustration (рис. 4).



**Рис. 3. Модели сборки приспособления**

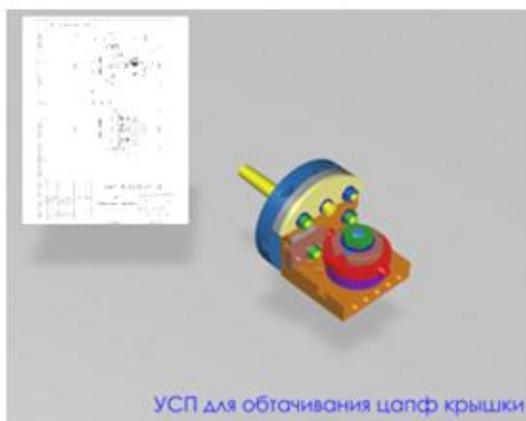


**Рис. 4. Иллюстрация разборки- сборки**

Только после создания «иллюстрации» разборки- сборки приспособления можно переходить к завещающему этапу – создание AR-приложения. Для этого используем приложение Vuforia Studio (VS).

В целях удешевления проекта устройством отображения был выбран мобильный телефона на платформе Android/iOS. При этом имеется возможность использовать очки дополненной реальности.

В среде VS была реализована компоновка следующих объектов визуализации: модель сборки, «бумажный» чертеж приспособления, наименование приспособления. Сгенерировав специальную ThingMark метку или метку привязки объекта к плоскости, встроили модель сборки приспособления над размещенной расположенной ранее меткой. Затем добавлялась дополнительная информация: изображение сборочного чертежа, название приспособления. Ее необходимо расположить в местах, удобных конечного потребителя-сборщика в производственных условиях. Данную информацию лучше оформить в виде табло, которое будет поворачиваться вслед за поворотом устройства просмотра (рис. 5). Это позволит всегда реализовывать хороший пространственный обзор, например, рабочей зоны станка.



**Рис. 5. Компоновка объектов визуализации**



**Рис. 6. Расположение кнопок управления AR-проектом**

После расположения объектов в 3D-пространстве можно переходить к созданию интерфейса приложения. Для этого необходимо обдумать нужные функции при просмотре AR-проекта. В нашем случае необходимы такие функции: воспроизвести всю анимацию; остановить анимацию; запустить пошаговую анимацию; вернуться на шаг назад; вернуться к самому началу. Исходя из необходимого функционала, создаем необходимые кнопки интерфейса путем добавления виджета «Button» в рабочее пространство (рис. 6). Для создания функционала данных кнопок необходимо перетащить стрелку, стоящую рядом с «Click» в свойствах «Button», на добавленную ранее модель и выбрать из списка необходимый функционал, например, «Start all» запускающий непрерывное воспроизведение анимации.

Теперь необходимо произвести публикацию на серверах компании РТС созданного AR-проекта. При этом имеется возможность использовать локальный сервер именно своей компании, к которому будут иметь доступ только «свои» работники. Схема взаимодействия приложений представлена на рис. 7.

После публикации можно переходить к просмотру созданного проекта через приложение Vuforia View на мобильном устройстве (рис. 8). На рисунке представлен привычный для сборщика чертеж и управляемая кнопками заложенная в проект последовательность сборки-разборки станочного приспособления. Одновременно на столе подготовлены отобранные для сборки детали комплекта УСП.



Рис. 7. Схема взаимодействия Vuforia Studio и Vuforia View



Рис. 8. Пример использования AR-проекта

В данной работе на примере УСП также исследовалось возможность привязки отдельных физических деталей к месту размещения на кассетном столе до или после сборки. Для этого генерировались метки каждой детали и привязывались к ее 3D-модели, при этом распечатанные метки фиксировались в нужной секции кассеты деталей УСП.

Таким образом, в докладе представлены направления применения AR на современном производстве и опыт исследования этапов создания AR-проектов при КТПП на предприятии. В результате действия производственного станка становятся документированными, повышается эффективность сборочного процесса, решается вопрос обучения потребителя готовой продукции.

Поскольку все предприятия машиностроительной отрасли используют CAD/CAM системы и цифровые прототипы, переход к применению дополненной реальности не представляет такой сложности, как это кажется на первый взгляд.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феофанов А.Н.* VR/AR-технологии и их применение в машиностроение / А.Н. Феофанов, А.В. Охмат, А.В. Бердюгин // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. № 4.
2. *Решетникова Е.С.* Разработка метода визуализации производственных объектов с применением технологий дополненной реальности / Е.С. Решетникова, Т.В. Усатая, Л.В. Курзаева // Программные системы и вычислительные методы. 2021. № 1. С. 10-21. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=32708](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=32708) (дата обращения 10.03.2022).
3. Как повысить эффективность производства с дополненной реальностью? URL: <http://vrcorp.ru/?p=1047> (дата обращения 10.03.2022).
4. *Кузнецов В.С.* Универсальные-сборные приспособления. Альбом чертежей / В.С. Кузнецов, В.А. Понамореv. М.: Машиностроение, 1971. URL: [https://www.studmed.ru/view/kuznecov-vs-ponomarev-ba-universal-no-sbornye-prisposobleniya-v-mashinostroenii-albom-chertezhey\\_a7a3430df5d.html](https://www.studmed.ru/view/kuznecov-vs-ponomarev-ba-universal-no-sbornye-prisposobleniya-v-mashinostroenii-albom-chertezhey_a7a3430df5d.html) (дата обращения: 10.03.2022)
5. *Калачёв О.Н.* Автоматизация проектирования в MCAD-системе сборок типовых приспособлений для механообработки / О.Н. Калачёв, Е.А. Чумак // Автоматизация и современные технологии. 2004. № 6. С. 18-25.

УДК 621.9.014

## РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОХОДА

**И.Д. Селиванов, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Предложена разработка параметрической модели газохода, связывающего оборудование “Теплогенератор” и “Сушилка роликовая с обогревом топочными газами” для ОАО Завод “Пролетарская Свобода”. Рассмотрены возможности проектирования параметрических моделей в САПР Компас-3D. Разработана 3D модель газохода с возможностью обхода препятствий и изменения площади его сечения от 0,25 до 2,25 м<sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:** Компас-3D, 3D-моделирование, параметризация, машиностроение, САПР

## DEVELOPMENT OF A PARAMETRIC MODEL OF A GAS DUCT

**I.D. Selivanov, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The development of a parametric model of a gas duct connecting the equipment “Heat generator” and “Roller dryer with flue gas heating” for JSC Plant “Proletarskaya Svoboda” is proposed. The possibilities of designing parametric models in CAD Compass-3D are considered. A 3D model of the gas duct has been developed with the ability to bypass obstacles and change its cross-sectional area from 0.25 to 2.25 m<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Compass-3D, 3D modeling, parametrization, mechanical engineering, CAD

Возможность создавать параметрические модели в наше время представлена практически в каждой САПР, связано это с тем, что применение параметризации при проектировании различных изделий позволяет сократить время на их модификацию или правку. В частности, это отно-

сится к моделям, состоящим из сборочных единиц, например, станки, агрегаты, системы трубопроводов, соединяющих какое-либо оборудование и т.д. При этом наличие в комплексной модели механизма параметризации даёт большой выигрыш в скорости изменения по сравнению с отдельно взятой параметрической деталью [1].

К простейшим случаям целесообразного применения параметрического моделирования можно отнести проектирование деталей с большим количеством исполнений, одинаковой конфигурации. На рис. 1 представлена работа и возможности использования детали “Противовес” входящей в комплект универсальных станочных приспособлений [2].

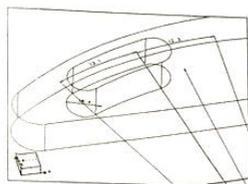


Рис. 10

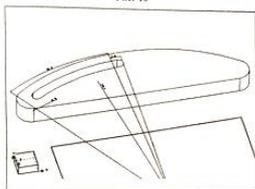


Рис. 11

контур паза и обозначения размеров. Выдадим теперь контур с удалением материала — в результате получим требуемый компонент модели (рис. 10). Параметрический характер нового компонента подтвердится, как видно из рис. 11, его поведением при изменении размеров.

Далее путем копирования создадим второй паз, симметричный первому относительно оси Y. Действуя рутинно, описанным выше образом окончательно сформируем модель противовеса (рис. 12).

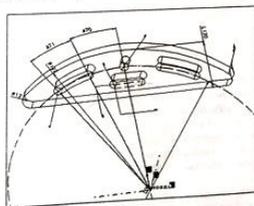


Рис. 12

#### Использование модели

Созданную параметрическую модель в дальнейшем (перед включением в сборку из библиотeki моделей деталей УСП или в составе сборки) легко трансформировать в одну из девяти деталей согласно табл. 1. Это можно сделать двумя способами:

- путем последовательного интерактивного изменения значения каждого размера в режиме редактирования (функция EDIT). Этот путь удобен для конструирования абсолютно новых, оригинальных деталей;
- путем одновременного изменения всех размеров модели считыванием их значений с помощью утилиты TABLDRVN из заранее подготовленного внешнего файла.

На этапе сборки приспособления для конечных пользователей, оперирующих только готовой моделью детали и не вникающих в ее структуру, наиболее целесообразен, очевидно, второй способ. Его реализация потребует от разработчика модели выполнить следующие несложные операции:

- выявить имена переменных, присвоенных системой размерам модели и образующих кортеж параметров;
- с помощью утилиты TABLDRVN подготовить в интерактивном режиме в среде системы или вне ее соответствующие наборы параметров, из которых впоследствии в автоматическом режиме

Таблица 2

```
#BEGIN OF proto
#DESCRIPTION: противовесы
PARAMETERS: L120 L65 L119 R122 D72 R121
description: B H 1/2 R 2*R1 r
```

4054:	100.000	15.000	25.000	300.000	530.000	10.000
4055:	100.000	30.000	25.000	300.000	530.000	10.000
4056:	100.000	50.000	25.000	300.000	530.000	10.000
4057:	110.000	15.000	45.000	360.000	650.000	15.000
4058:	110.000	30.000	45.000	360.000	650.000	15.000
4059:	110.000	50.000	45.000	360.000	650.000	15.000
4060:	120.000	15.000	45.000	420.000	760.000	15.000
4061:	120.000	30.000	45.000	420.000	760.000	15.000
4062:	120.000	50.000	45.000	420.000	760.000	15.000

#END\_TABLE

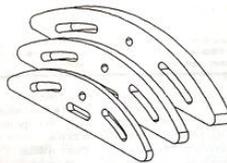
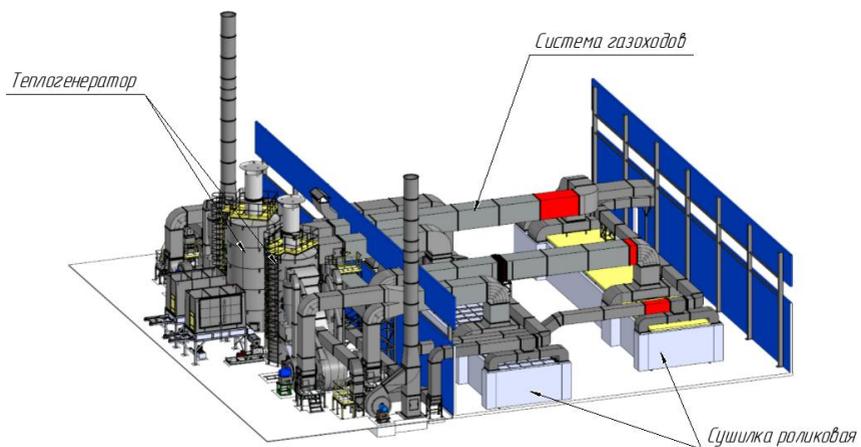


Рис. 13

Рис. 1. Табличное описание параметрической модели “противовеса”

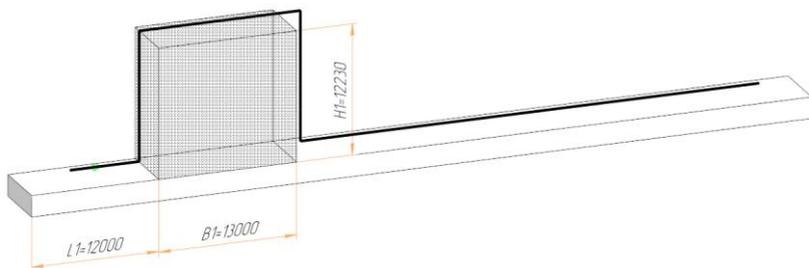
Рассмотрим особенности создания объемных многопараметрических моделей, параметры которых определяются внешними факторами расположения в производственной структуре. Типичным примером является проектирование системы газоходов, соединяющих различное оборудование, например, системы аспирации, оборудование, использующее тепло газов как энергию, котлы, газовые колонки, теплогенераторы и т.д. Конфигурация и размеры элементов являются следствием адаптации к особенностям рабочего помещения. Для того чтобы создать параметрическую модель газохода, необходимо определиться с выбором параметров, которые должны подвергаться изменению. Основными параметрами для различных участков системы являются габариты поперечного сечения газохода, которые рассчитываются в зависимости от производительности генератора и необходимого потока топочных газов в потребителе. При этом необходимо учитывать пространственное расположение, поскольку между генератором и потребителем может находиться другое оборудование или препятствия, например, дымовые трубы, циклоны, дорожные проезды, цеха, склады и т.д.



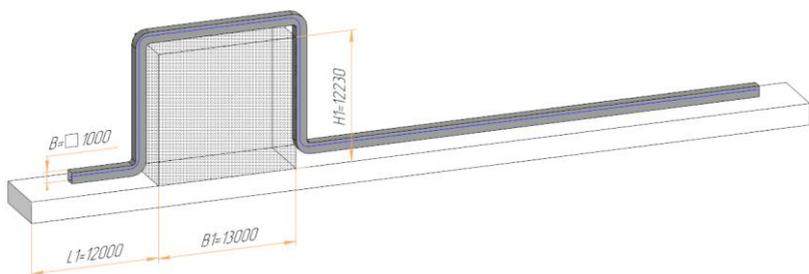
**Рис. 2. Сушильный комплекс**

Газоход имеет начало и траекторию в виде ломаной линии, соединяющей генератор с потребителем с учётом возможных препятствий. Эта линия должна быть параметрически связана с планировкой сушильного

комплекса. Необходимая площадь поперечного сечения газохода и полностью определенная ломаная линия будут содержать в себе данные для проектирования газохода, основные переменные используемые в модели это:  $B$  – ширина сечения газохода,  $H1$  – высота препятствия,  $B1$  – ширина препятствия и  $L1$  – положение препятствия по одной из главных осей координат. Примеры создания пути, упрощенной модели возможного газохода с этими параметрами представлены на рис. 3, 4.

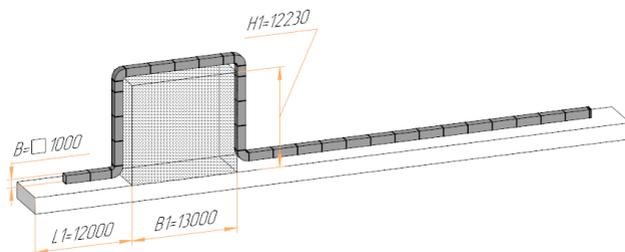


**Рис. 3. Построение пути газохода**



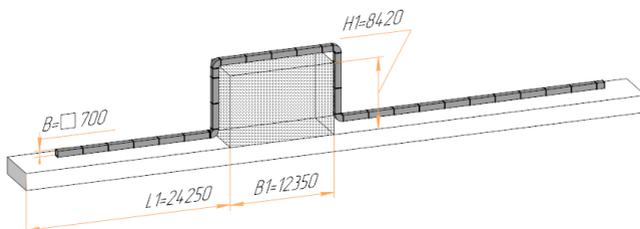
**Рис. 4. Упрощенная модель газохода**

После создания параметрической модели (рис. 5), возможно через связь с определяющими переменными создавать различные исполнения, например, изображенные на рис. 6 [3].

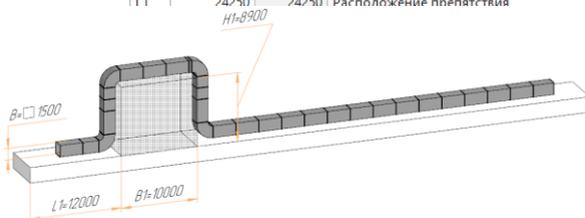


Имя	Выражение	Значение	Комментарий
▼ ВКР 00.00.000 Система газопроводов (Тел-3, Сборочных единиц-3,			
H1	12230	12230	Высота препятствия
B1	13000	13000	Ширина препятствия
B	1000	1000	Сечение газопровода
L1	12000	12000	Расположение препятствия

**Рис. 5. Параметрическая модель газопровода**



Имя	Выражение	Значение	Комментарий
▼ ВКР 00.00.000 Система газопроводов (Тел-3, Сборочных единиц-3,			
H1	8420	8420	Высота препятствия
B1	12350	12350	Ширина препятствия
B	700	700	Сечение газопровода
L1	24250	24250	Расположение препятствия



Имя	Выражение	Значение	Комментарий
▼ ВКР 00.00.000 Система газопроводов (Тел-3, Сборочных единиц-3,			
H1	8900	8900	Высота препятствия
B1	10000	10000	Ширина препятствия
B	1500	1500	Сечение газопровода
L1	12000	12000	Расположение препятствия

**Рис. 6. Исполнения модели**

Одним из достоинств такой параметрической модели является сокращенное время работы над всей системой благодаря следующим возможностям:

- Требуется размещение только типовых элементов, связанных с сечением газохода, например, отводов, тройников, переходов, компенсаторов или шиберов;
- Набор прямолинейных участков, соединяющих вышеупомянутые элементы параметрически связан с расстояниями между ними;
- При необходимости изменения каких-либо элементов планировки комплекса, нужно только изменить эскиз траектории газохода.

Описанная выше модель реализована в среде КОМПАС с использованием средств создания табличных зависимостей между отдельными её элементами. На рис. 6 показаны два различных проектных решения на основе одной и той же параметрической модели.

Таким образом, нами разработана параметрическая 3D-модель конструкции газохода, ассоциативно связанная с традиционной конструкторской документацией и позволяющая сократить сроки проектирования новых комплексов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фомин Е.П.* Конкурсная статья АСКОН Использование параметрических возможностей КОМПАС-3D. URL: <https://sapr.ru/article/18269>
2. *Калачев О.Н.* Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // Информационные технологии. 2000. № 6. С. 14-18.
3. Обучающие материалы Компас-3D. URL: <https://www.kompas.ru/publications>

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРАФАРЕТОВ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ВЫПУСКАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**А.А. Сопов, Н.С. Морозов, Д.А. Калачева**

Научный руководитель – **Д.А. Калачева**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается методика создания трафаретов для нанесения названий и маркировки на выпускаемое предприятием оборудование. При этом используется плоское буквенно-цифровое векторное контурное изображение для последующей лазерной резки листа на станке с ЧПУ.*

***Ключевые слова:** Векторный макет, СЧПУ, лазерная резка, трафарет*

## **FEATURES OF THE DESIGN AND MANUFACTURE OF STENCILS FOR MARKING MANUFACTURED EQUIPMENT**

**A.A. Sopov, N.S. Morozov, D.A. Kalacheva**

Scientific Supervisor – **D.A. Kalacheva**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*A technique for creating stencils for naming and marking equipment manufactured by the enterprise is considered. In this case, a flat alphanumeric vector contour image is used for subsequent laser cutting of the sheet on a CNC machine.*

***Keywords:** Vector layout, CNC, laser cutting, stencil*

Применение систем с ЧПУ позволяет ускорить процессы изготовления в машиностроении. Специфическим объектом лазерной резки с ЧПУ являются листовые материалы – металлы и пластики.

В данной работе исследованы этапы конвертации текста в контурные графические объекты; затем – процесс создания цифровых макетов в САД-системе [1], после чего с помощью специализированного программного обеспечения (ПО) формируется управляющая программа лазерной резки. На заключительном этапе рассматривается настройка и наладка станка лазерной резки трафарета.

В ходе первого этапа проектируется макет трафарета (рис. 1): подбирается шрифт по размерам, согласованным с представителями завода, для символов добавляются перемычки, которые придают трафарету прочность и удерживают отдельные элементы макета от выпадения после их вырезки.

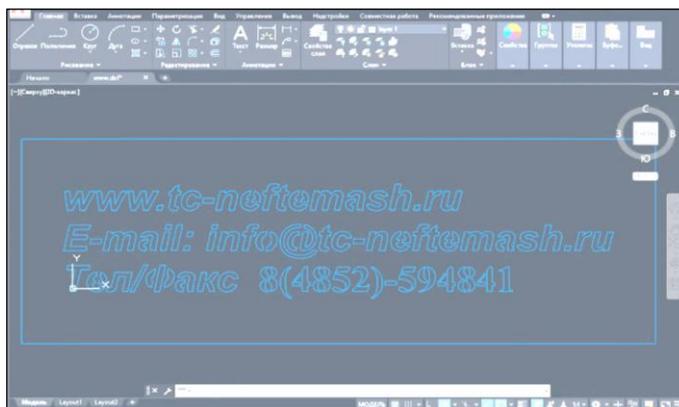


Рис. 1. Пример макета в системе AutoCAD

После успешной конвертации файла dxf в ПО RDWorks, которая взаимодействует со станком лазерной резки, исследуем и задаём приемлемые для тонкого листового пластика параметры резки (рис. 2): мощность, а также скорость перемещения лазерной головки [2].

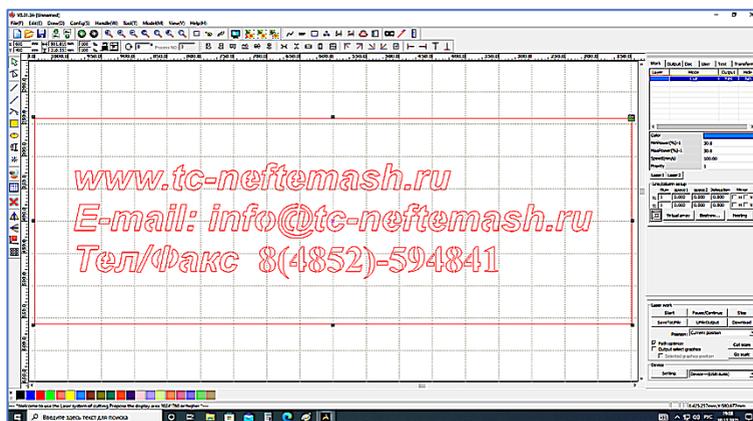
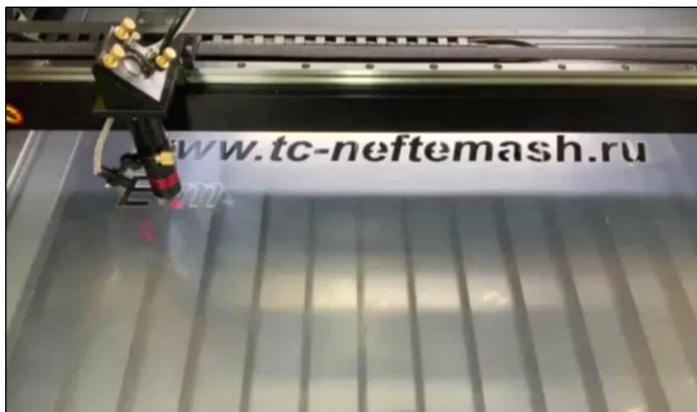


Рис. 2. Задание параметров резки

Программа RDWorks, совместимая с контроллером лазерного станка с ЧПУ, позволяет формировать на экране компьютера задание по обработке контура детали из листового материала и передавать его по сети на устройство управления оборудованием. На рис. 3 показан момент резки трафарета согласно спроектированной макету.



**Рис. 3. Процесс резки шаблона**

После завершения резки на станке и проведения осмотра готового трафарета, можно судить о правильно подобранных параметрах процесса. Благодаря ровным линиям реза границы краски при использовании трафарета будут четкими (рис. 4).



**Рис. 4. Фото надписей по изготовленным трафаретам**

### Выводы:

1. Изучено создание в CAD-системе цифровых макетов букв текста с сохранением переминок.
2. В результате конвертирования в CAD-системе сформированы файлы трафаретов для запуска изготовления на станке лазерной резки
3. Освоен процесс наладки станка с помощью программы СЧПУ RDWorks.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерная резка. 3d печать. ЧПУ. URL: АйТиТехмаш (vk.com)
2. Рекомендации по режимам резки на лазерном станке. URL: <https://youtube.com/watch?v=XztNgYaejIw&feature=share>

## К ВОПРОСУ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ В СРЕДЕ CAD/CAM CIMATRON

**Е.А. Тарловский, А.Д. Волков, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Предложены приёмы создания параметрических компонентов модели на этапе построения эскизов твердотельных операций выдавливания и вращения на конкретных примерах. Показано попарное связывание параметров сопрягаемых моделей, представленных в виде таблицы и иерархической схемы. Используются приёмы заимствования геометрии для построения новой твердотельной модели.*

***Ключевые слова:** Повторное использование модели CAD, CAD/CAM, параметрическое проектирование, Cimatron, сборочная единица*

## ON THE QUESTION OF PARAMETERIZATION IN THE CAD/CAM CIMATRON ENVIRONMENT

**E.A. Tarlovsky, A.D. Volkov, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Techniques for creating parametric components of the model at the stage of sketching solid-state operations of extrusion and rotation on specific examples are proposed. Pairwise binding of the parameters of the coupled models is shown, presented in the form of a table and a hierarchical scheme. Geometry borrowing techniques were used to build a new solid model.*

***Keywords:** CAD model reusability, CAD/CAM, parametric design, Cimatron, assembly component*

В современной практике конструирования 3D сборочных единиц (СЕ) получили распространение два диаметрально противоположных подхода: изолированное создание моделей деталей, а затем их соединение (снизу-вверх) и создание новых моделей, входящих в СЕ, на основе

существующих в среде сборки (схема сверху-вниз). В работах [1, 2] рассмотрены преимущества второго подхода.

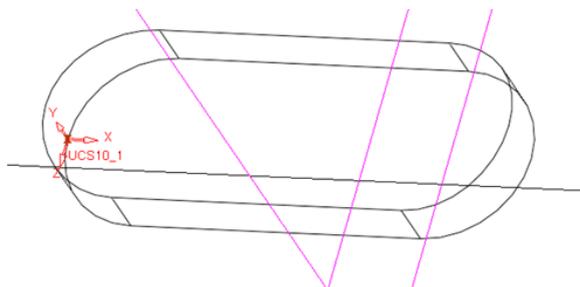
Применение параметризации [3] позволяет снижать трудоёмкость создания новых моделей или сборок за счет модификации ранее использованных. Автоматический контроль и учёт установленных отношений между параметрами моделей деталей сборки дает шанс избежать случайных ошибок.

Представляет интерес исследовать средства параметризации CAD/CAM Cimatron в этом аспекте проектирования, а также оценить их применение при создании СЕ в этой системе.

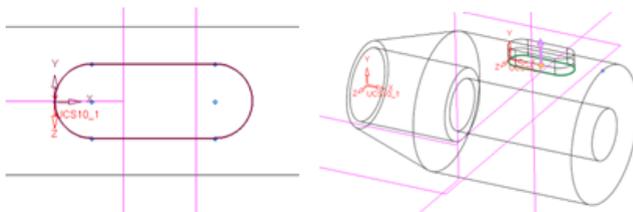
Рассмотрим методику создание сборок по схеме сверху-вниз и наделение полученных схем параметрическими возможностями путем связывания геометрических параметров входящих деталей.

Объектом исследования выбрано создание шпонки по заданным параметрам шпоночного паза, а также шпоночной канавки втулки по геометрии шпонки.

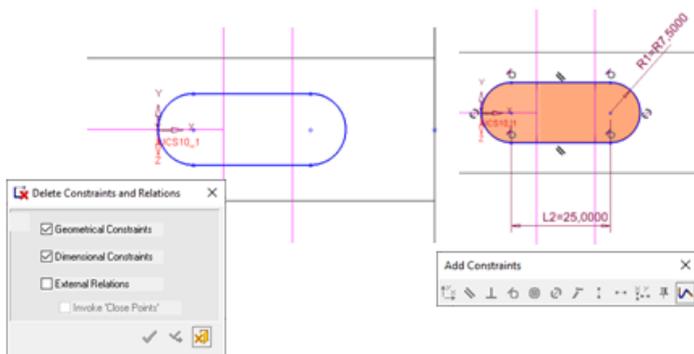
На рис. 1, 2 показаны основные этапы твердотельного моделирования на основе копирования геометрии шпоночного паза. Полученная таким образом дочерняя модель лишена возможности корректно менять размеры при их изменении у родителя. Для устранения этого эффекта необходимо выполнить две операции: сначала освободить модель шпонки от ограничения первичной геометрии, а затем воссоздать необходимые геометрические ограничения. Покажем, как это делается в нашем случае (рис. 3, 4). Теперь, как видно из рисунков, модель шпонки получила возможность самостоятельного развития по заданным параметрам.



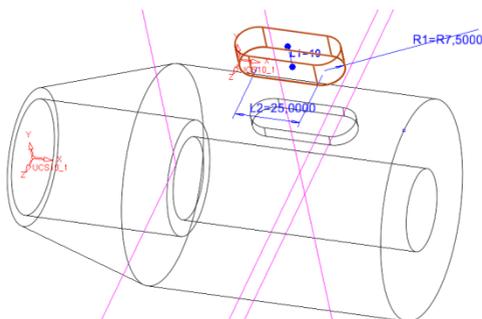
**Рис. 1. Выбор СК шпонки на дне шпоночного паза**



**Рис. 2. Спроецированная геометрия паза и её выдавливание**



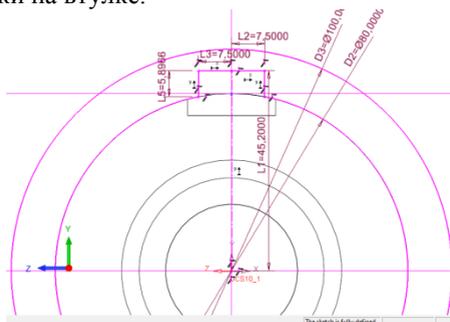
**Рис. 3. Освобождение модели шпонки от первичной геометрии и воссоздание ограничений**



**Рис. 4. Результат построения параметрической шпонки**

Другая ситуация возникает при создании шпонки, сопрягаемой с валом втулки и шпоночного паза на базе их геометрии. Основная задача здесь – обеспечить симметричность положения паза при изменении размеров втулки. Для этого при построении выдавливаемого эскиза

необходимо продумать положение размеров ширины канавки. Один из возможных вариантов показан на рис. 5. После решения данной задачи остается установить связи между параметрами шпонки и размерами шпоночной канавки на втулке.



**Рис. 5. Набор размеров ширины канавки**

Для того чтобы связать эти параметры, необходимо показать ранее созданные размеры детали, выбрать интересующий размер и назначить его главным, нажав “ключик” в открывшемся окне для создания зависимостей – при этом появляется обозначение главного размера (L). Затем указываем (по аналогии с главным) зависимый размер (f), который будет изменяться вслед за главным. В окне редактора размера выбирается «Создать зависимость», в строке «Выражение» редактора зависимого размера появляется название главного размера, куда затем вписываем требуемую связь между параметрами на примере таблицы связей и иерархической схемы зависимостей (рис. 6). Эффект параметризации показан на рис. 7, 8.

**Таблица 1. Связь шпоночного паза и шпонки**

Название детали	Параметр детали	Связанная деталь	Параметр связанной детали	Связь (f <sub>x</sub> )
ШП	D2	Шпонка	R2	$D2/2 = R2(f)$
	L5	Шпонка	L2	$L5 = L2(f)$

**Таблица 2. Связь шпонки и втулки**

Название детали	Параметр детали	Связанная деталь	Параметр связанной детали	Связь (f <sub>x</sub> )
Шпонка	R1	Втулка	L2	$R1+0,05 = L2(f)$
Шпонка	R1	Втулка	L3	$R1+0,05 = L3(f)$

**Таблица 3. Связь вала и ШП**

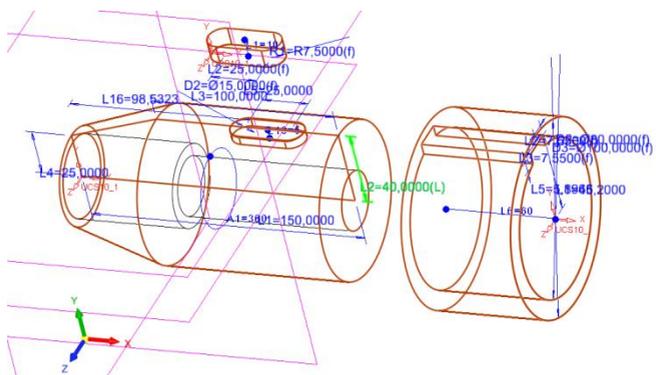
Название детали	Параметр детали	Связанная деталь	Параметр связанной детали	Связь ( $f_x$ )
Вал	L2	ШП	D2	$L2/2,666 = D2 (f)$

**Таблица 4. Связь вала и втулки**

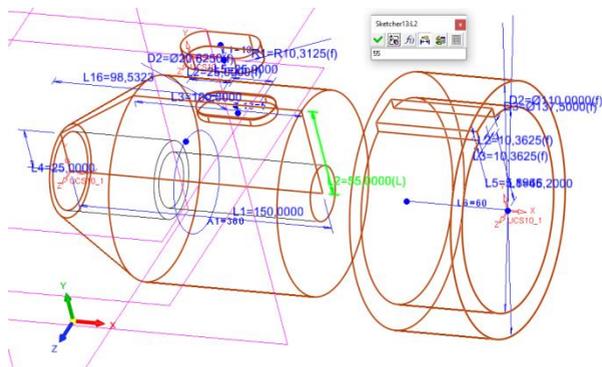
Название детали	Параметр детали	Связанная деталь	Параметр связанной детали	Связь ( $f_x$ )
Вал	L2	Втулка	D2	$L2*2 = D2 (f)$
Вал	L2	Втулка	D3	$L2*2,5 = D3 (f)$



**Рис. 6. Иерархическая схема зависимостей**



**Рис. 7. Начальный вид с выделенным главным размером вала**



**Рис. 8. Результат изменения главного размера вала**

Таким образом, в ходе работы были исследованы заложенные в среде CAD/CAM Cimatron средства параметризации, которые продемонстрированы на примере 3D-сборки трех моделей деталей по схеме “сверху-вниз” путем попарного связывания размеров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Web-страница компании AUTODESK. Стратегии проектирования: снизу вверх, сверху вниз и вверх-вниз от середины. AUTODESK Help. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/Inventor-Help/files/GUID-63FA128E-63E2-4176-8653-327BD80D8A43-htm.html> (дата обращения: 25.02.2022).
2. Яблочников Е.И. CAD/CAM Cimatron в подготовке промышленного производства / Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, А.Б. Пелипенко // САПР и графика. 2000. № 3. URL: <https://sapr.ru/article/6944> (дата обращения: 24.02.2022).
3. Калачёв О.Н. Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // Информационные технологии. 2000. № 6. С. 14-18. URL: <https://tms.ystu.ru/statya4a2.htm> (дата обращения: 16.02.2022).
4. Димитрюк С.О. Методы организации работы над сборочными моделями // САПР и графика. 2002. № 11. URL: <https://sapr.ru/article/8167> (дата обращения: 02.03.2022).

## **ОПЫТ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

**А.Ю. Тихова, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Изучается итерационный процесс размерного анализа ТП посредством численных экспериментов с программой KON7. Показаны факторы, влияющие на выбор ТП, который позволяет обеспечить заданные конструктором параметры точности детали. Приводятся размерные схемы и графы структурной геометрической модели варианта ТП.*

**Ключевые слова:** размерный анализ, точность, размерная схема, размерный граф, KON7

## **EXPERIENCE IN FINDING A RATIONAL DIMENSIONAL STRUCTURE OF THE PROJECTED TECHNOLOGICAL PROCESS**

**A.Yu. Tikhova, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

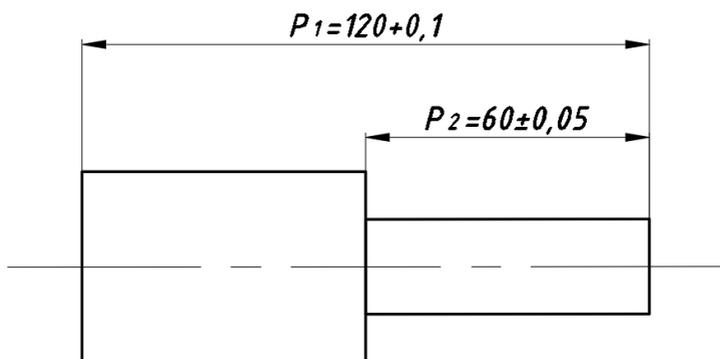
*The iterative process of dimensional analysis of TP is studied by means of numerical experiments with the KON7 program. The factors influencing the choice of TP, which allows to provide the parameters of the accuracy of the part specified by the designer, are shown. Dimensional schemes and graphs of the structural geometric model of the TP variant are given.*

**Keywords:** Dimensional analysis, accuracy, dimensional scheme, dimensional diagram, KON7

Важным этапом проектирования технологического процесса является расчет технологических размеров. Традиционная методика расчета основана на работах профессора Кована. Недостатком этой методики можно считать применимость к обработке одной поверхности. Данный недостаток отсутствует в предложенной в работах графовой модели размерной структуры технологического процесса (ТП).

Однако эта методика не дает рационального набора технологических размеров разных поверхностей детали при однократном расчете. Обычно существует несколько вариантов ТП, и в результате многократных расчетов можно выявить вариант, который удовлетворяет заданной конструктором точности размеров детали. Для выбора такой, наиболее рациональной структуры с точки зрения выявления набора наименее точных размеров, обеспечивающих заданную точность конструкторских размеров, необходимо проводить размерный анализ на основе расчетов по нескольким конкурирующим вариантам размерной структуры технологического процесса.

В дальнейшем будем использовать программу KON7, разработанную на кафедре КИ ТМС. В качестве примера рассмотрим двухступенчатый валик (рис. 1) с двумя линейными размерами  $P_1$  и  $P_2$  ( $P_1 = 120 \pm 0,1$ ;  $P_2 = 60 \pm 0,05$ ), точность которых необходимо обеспечить в результате обработки.



**Рис. 1. Эскиз двухступенчатого валика**

Однократная обработка каждой торцевой поверхности заготовки после литья в землю, как показывают расчеты, не позволяет получить заданную точность. Для достижения точности обработки намечаем дву-

кратную обработку – два припуска на черновую и чистовую обработку каждого торца. Обозначим припуски и пронумеруем слева-направо. В качестве технологических баз будем использовать последовательно поверхности 6, 2, 4, 3. В этом варианте ТП на рис. 2 выделены два этапа: черновой и чистовой, и обработка выполняется в три установка. Граф размерной схемы (рис. 3) позволяет выявить размерные цепи и провести качественную оценку варианта ТП еще до расчета.

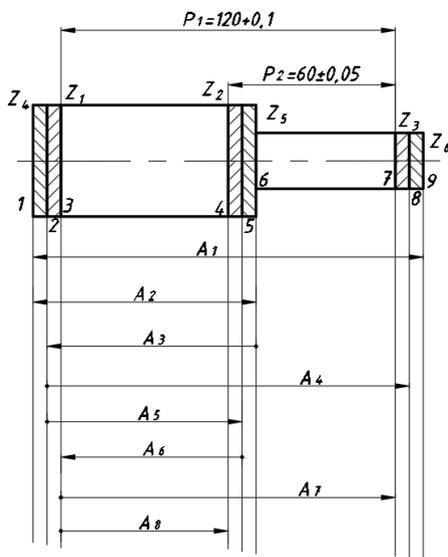


Рис. 2. Размерная схема

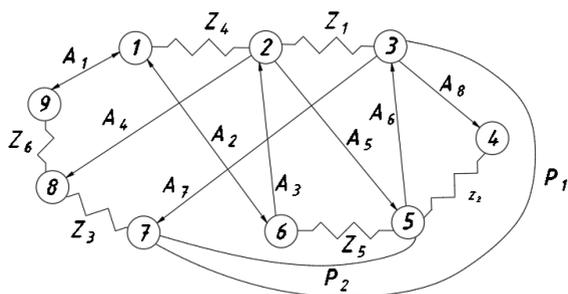


Рис. 3. Граф размерных изменений заготовки

С помощью программы KON7 получим значения технологических размеров  $A_i$ .

Результаты расчета технологических РЦ ЯГТУ, С Калачев О.Н., 2000 \*\* KON7 \*\*

---

Замыкающие звенья				Составляющие звенья					
Р-черт. размер, Z-припуск									
-----kop7-----									
Ин- декс звена	Гра- ницы звена	Предел. значения		Ин- декс звена	Гра- ницы звена	Метод обработки	Номинал	Отклонения	
		max	min					Верхнее	Нижнее
P1	3	7	120.100 120.000	A1	9	1 штамповка обычн.  точности	127.697	1.200	-1.800
P2	4	7	60.050 59.950	A2	1	6 штамповка обычн.  точности	63.637	1.000	-1.500
Z1	2	3	---   0.240	A3	6	2 точение черновое	60.987	0.400	0.000
Z2	5	4	---   0.050	A4	2	8 точение черновое	120.967	0.530	0.000
Z3	8	7	---   0.240	A5	5	2 точение черновое	60.347	0.400	0.000
Z4	1	2	---   0.750	A6	3	5 шлифов-ечерновое	60.047	0.060	0.000
Z5	6	5	---   0.240	A7	7	3 шлифов-етонкое	120.000	0.027	0.000
Z6	8	9	---   0.750	A8	4	3 шлифов-етонкое	59.977	0.020	0.000

---

В этом варианте чистовой этап обработки выполняется с высокой точностью размеров, соответствующей черновому и тонкому шлифованию. Попробуем теперь уменьшить точность до чернового шлифования не только размера  $A_6$ , но и размеров  $A_7$  и  $A_8$ . Результаты показаны ниже.

Блок 4  
 \*\* Информация о коде расчёта технологических размеров при решении разм. цепей \*\*  
 Program KON7 O.N.Kalachev-2000  
 Решается разм. цепь 1 типа "P" с неизв. звеном A7 , код метода получения=112  
 с о с т а в ц е п и :  
 увелич. звено A7 : max= 0.000 min= 0.000  
 замык. звено - констр. размер P1 : max= 120.100 min= 120.000  
 результаты расчёта звена A7 : max= 120.100 min= 120.000  
 следовательно, расч. допуск= 0.100  
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
 системой= 0.080 : верхн. откл.= 0.080 нижн. откл.= 0.000  
 принимаем расчётный размер звена A7 с учётом технолог. допуска:  
 номинал= 120.000 max= 120.080 min= 120.000  
 Решается разм. цепь 2 типа "P" с неизв. звеном A8 , код метода получения=112  
 с о с т а в ц е п и :  
 уменьш. звено A8 : max= 0.000 min= 0.000  
 увелич. звено A7 : max= 120.080 min= 120.000  
 замык. звено - констр. размер P2 : max= 60.050 min= 59.950  
 результаты расчёта звена A8 : max= 60.050 min= 60.030  
 следовательно, расч. допуск= 0.020  
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
 системой= 0.060 : верхн. откл.= 0.060 нижн. откл.= 0.000  
 Расчётный допуск звена A8 отрицательный или много меньше технологического.  
 Необходимая точность замыкающего звена не обеспечивается  
 Расчёт прерывается  
 Номер решения последней цепи= 2. Справка: DT= 0.060, DR= 0.020

---

А теперь с такой же точностью черного шлифования, выполним расчет с измененной базой размера А8. Результаты представлены ниже.

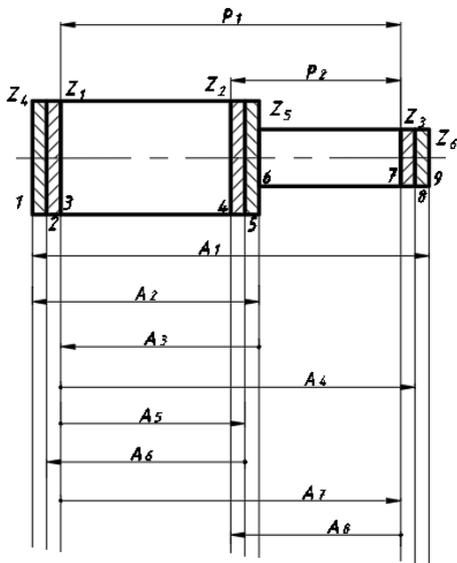


Рис. 4. Расчетная схема валика

Результаты расчета технологических РЦ ЯГТУ, С Калачев О.Н., 2000 \*\* KON7 \*\*

Замыкающие звенья				Составляющие звенья				-кон7-	
Р-черт.размер, Z-припуск									
Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Предел.значения		Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Метод обработки	Номинал	Отклонения	
		max	min					Верхнее	Нижнее
P1	3   7	120.100	120.000	A1	1   9	штамповка обычн. точности	127.710	1.200	-1.800
P2	5   7	60.050	59.950	A2	6   1	штамповка обычн. точности	63.580	1.000	-1.500
Z1	2   3	---	0.240	A3	2   6	точение черновое	60.930	0.400	0.000
Z2	5   4	---	0.050	A4	8   2	точение черновое	120.980	0.530	0.000
Z3	8   7	---	0.240	A5	5   2	точение черновое	60.290	0.400	0.000
Z4	1   2	---	0.750	A6	3   5	шлифов-ечистовое	60.030	0.020	0.000
Z5	6   5	---	0.240	A7	7   3	шлифов-ечерновое	120.000	0.080	0.000
Z6	9   8	---	0.750	A8	4   7	шлифов-ечерновое	60.100	0.060	0.000

Таким образом, нами рассмотрены три фактора: повышение точности технологических размеров, введение дополнительной обработки (припусков) отдельной или всех поверхностей, и наконец, смена технологических баз. Успешное использование перечисленных факторов управления точностью ТП определяется умением выполнять размерный анализ ТП, расчетный этап которого существенно ускоряется применением программы KON7 и ее новой версией KON7 plus [5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация размерного анализа технологических процессов с помощью ЕС ЭВМ: Методические указания к практическим занятиям / Сост.: О.Н. Калачев, В.Т. Синицын, А.М. Шапошников; Ярослав. политехн. ин-т. Ярославль, 1987. 35 с.
2. *Калачёв О.Н.* Интерактивное моделирование размерных изменений заготовки при проектировании технологического процесса механообработки // Информационные технологии. 2001. № 2. С. 10-14, 58.
3. *Калачёв О.Н.* Автоматизация размерных расчетов на этапе проектирования технологического процесса механообработки / О.Н. Калачёв, С.А. Погорелов // Вестник машиностроения. 2002. № 6. С. 54-58.
4. *Калачёв О.Н.* Автоматизированное проектирование размерной структуры механообработки в среде AutoCAD // О.Н. Калачёв, С.А. Погорелов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002. № 3. С. 9-13.
5. Веб-страница кафедры КИ ТМС. Ярославль, ЯГТУ. URL: <http://tms.ystu.ru/kon7plus.exe>

УДК 621.9.014

## **КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА КУЛАЧКА НИЖНЕГО ПОЛЗУНА**

**Е.А. Чернолихов, Е.А. Тарловский, О.Н. Калачев**

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются особенности предлагаемой технологии изготовления на основе предварительного создания цифрового прототипа детали, состоящей из трех компонентов, в CAD/CAM-системе, а также последующая разработка УП обработки на станке с ЧПУ криволинейных контуров кулачков; выполнена пробная обработка на станке лазерной резки.*

***Ключевые слова:** 3D-модель, цифровой прототип, CAD/CAM-система, управляющая программа, ЧПУ*

## **CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF THE LOWER SLIDER CAM**

**E.A. Chernolikhov, E.A. Tarlovskiy, O.N. Kalachev**

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The features of the proposed manufacturing technology based on the preliminary creation of a digital prototype of a part consisting of three components in a CAD/CAM system are considered, as well as the subsequent development of a method for processing curved cam contours on a CNC machine; trial processing on a laser cutting machine is performed.*

***Keywords:** 3D model, digital prototype, CAD/CAM system, G-code, CNC*

При технологической подготовке производства встает задача разработки управляющих программ (УП) для изготовления сложного профиля деталей типа кулачка. Наиболее эффективным способом разработки УП считаем, на основе литературных данных, предварительное создание цифрового прототипа, а затем – на основе его трехмерной модели – проектирование в CAD/CAM траекторий фрезы.

Рассмотрим представленные заводом «Пролетарская Свобода» исходные данные (рис. 1).

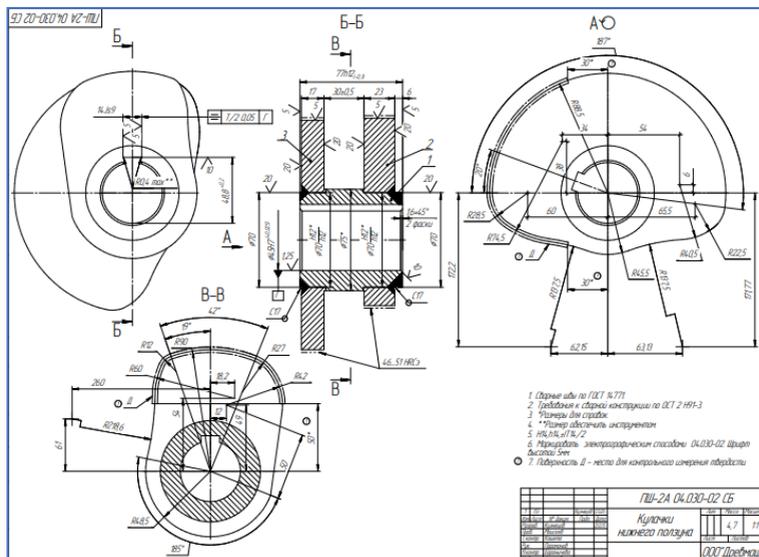


Рис. 1. Чертеж кулачка нижнего ползуна

В результате манипуляций с геометрическими примитивами в CAD/CAM CimatronE [1-4] по размерам чертежа подготовим контур (рис. 2). В перспективе возможен способ прямого использования векторно-го эскиза в Inventor (рис. 3). В обоих случаях получается контур на рис. 4.

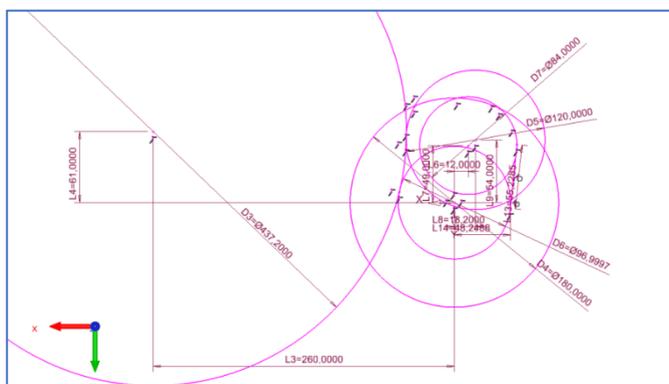
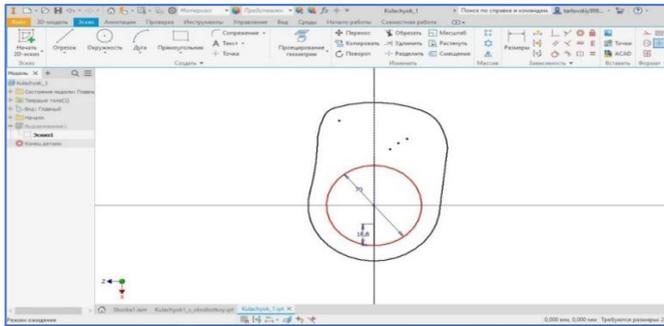
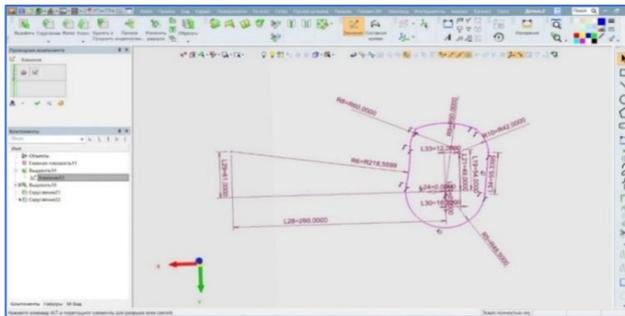


Рис. 2. Линии вспомогательных окружностей до обрезки

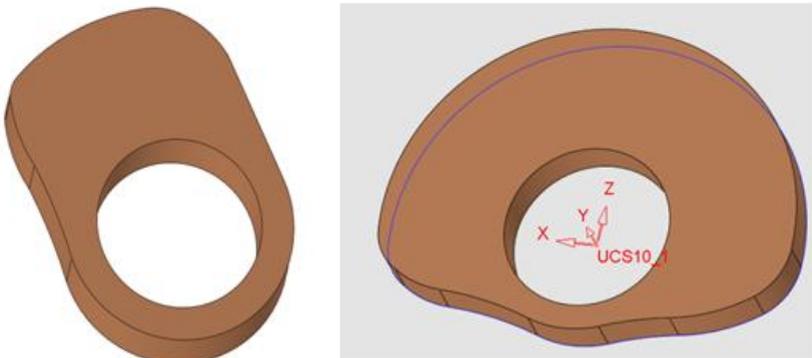


**Рис. 3. Эскиз кулачка в Inventor**



**Рис. 4. Полностью образмеренный контур**

Результат построения 3D-моделей кулачков представлен на рис. 5.



**Рис. 5. Модели кулачков**

Далее в докладе обсуждается набор параметров, необходимых для корректного расчета траектории. Ключевыми являются параметры геометрии выбранной стратегии обработки (рис. 6).

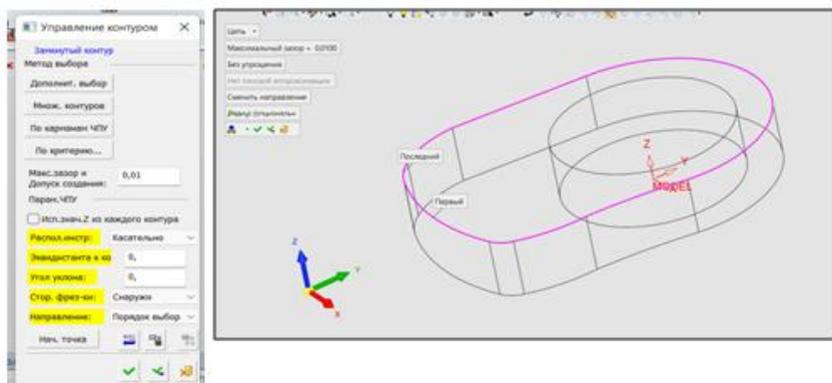


Рис. 6. Выбор геометрии контура

Стратегия обработки *parallel cut* позволяет одновременно фрезеровать контур и плоскость кулачков.

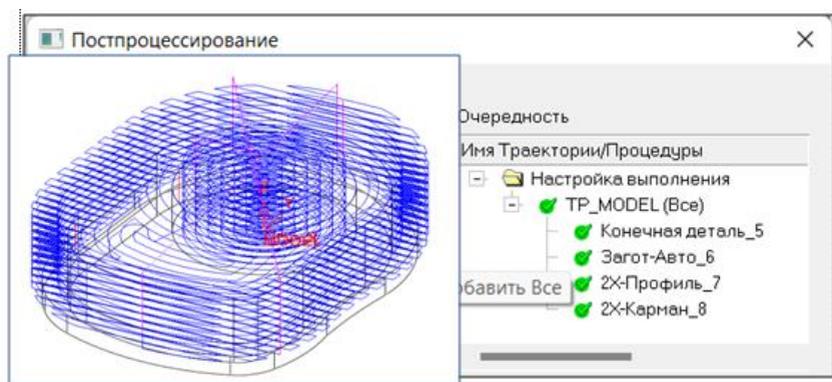


Рис. 7. Спроектированные траектории режущего инструмента

Далее сформируем УП для станка с ЧПУ. Выходим из Навигатора. Процесс завершения программы представлен на рис. 8.

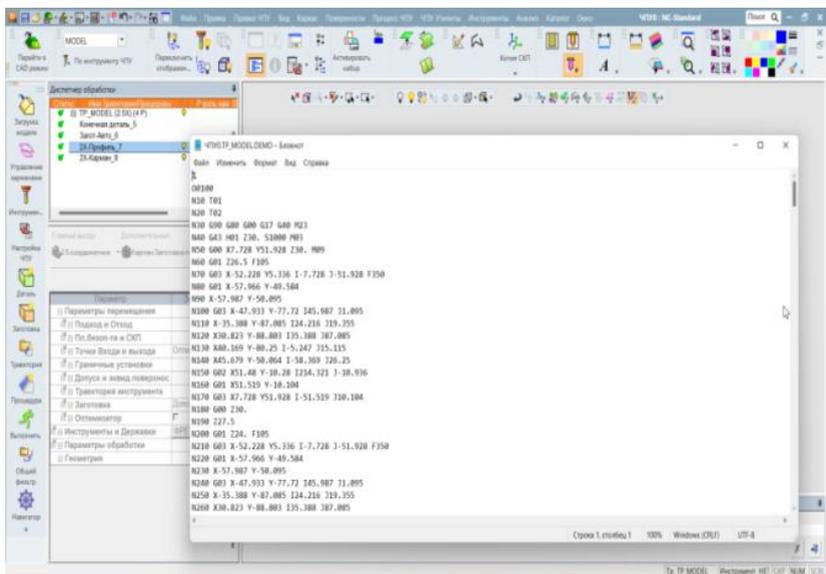


Рис. 8. Окно Блокнота с текстом УП

Остаётся выполнить сборку детали в модуле САМ согласно чертежу на рис. 1. Для этого пользуемся командой «Relocate». Результаты показаны на рис. 9.

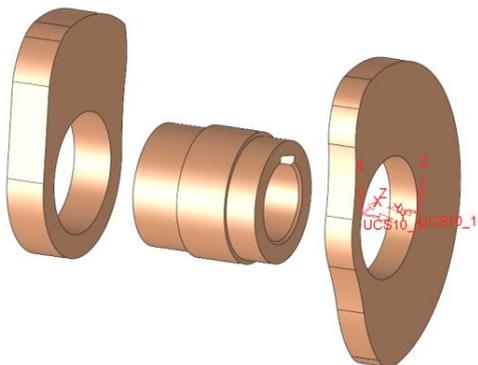


Рис. 9. Сборка в разведенном виде

Таким образом, изучены возможности CAD/CAM Cimatron, принципы обеспечения заданного углового положения одной детали относительно другой при моделировании приемов сборки на цифровой модели, а также выбрана наиболее эффективная стратегия обработки контуров кулачком с учетом заданного критерия эффективности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачев О.Н.* Применение CAD/CAM Cimatron для проектирования моделей деталей: Учебное пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. 48 с. URL: <https://tms.ystu.ru/>
2. *Калачёв О.Н.* Применение CAD/CAM Cimatron для проектирования моделей сборочных единиц. URL:<https://tms.ystu.ru>
3. *Калачёв О.Н.* Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // Информационные технологии. 2000. № 6. С. 14-18.
4. Применение и использование CimatronE. URL: <https://beepitron.com/software/products/cimatron/>

УДК 621.912

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 514 ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА**

**А.Ю. Тихова, А.М. Шапошников**

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

Ярославский государственный технический университет

*Изучается процесс уравнения кинематического баланса 514 зубодолбежного станка. Рассматривается процесс создания интерактивного пособия для изучения уравнений кинематического баланса 514 зубодолбежного станка по дисциплине «Оборудование машиностроительного производства» по теме «Кинематика станков».*

**Ключевые слова:** кинематика станков, уравнения кинематического баланса, обучающее пособие.

## **DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE METHODOLOGICAL GUIDE FOR STUDYING THE KINEMATIC SCHEME OF 514 MACHINES**

**A.Yu. Tikhova, A.M. Shaposhnikov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The process of the kinematic balance equation of the 514 machine is studied. The process of creating an interactive manual for studying the kinematic balance equations of the 514 machine in the discipline "Equipment of machine-building production" on the topic "Kinematics of machine tools" is considered.*

**Keywords:** kinematics of machine tools, kinematic balance equations, training manual

Во время изучения предмета «Оборудование машиностроительного производства» студенты вынуждены столкнуться с физическими учебно-методическими пособиями, которые давно утратили свою наглядность и актуальность.

Как вы можете судить, найти необходимую цепь для составления уравнения кинематического баланса достаточно проблематично. Поэтому было принято решение создать наглядное пособие на основе программы PowerPoint.

Создание пособия мы будем рассматривать на примере 514 зубодолбежного станка. Зубодолбежный станок 514 предназначен для нарезания цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями как наружного, так и внутреннего зацепления в условиях индивидуального и главным образом серийного производства. Станок приспособлен для нарезания блоков шестерен. При наличии дополнительных приспособлений на станке можно также нарезать рейки. Станок может быть использован для чернового и чистового нарезания зубьев.

Приступим к созданию пособия. Для начала необходимо на слайд вставить исходную кинематическую схему (рис. 1). Далее для удобства воспользуемся внутривнутрипрограммными средствами редактирования презентации, а именно, прибегнем к использованию команды «фигуры».

Будем избегать использование сторонних программ, чтобы конечный файл занимал как можно меньше памяти и объема на жестком диске.

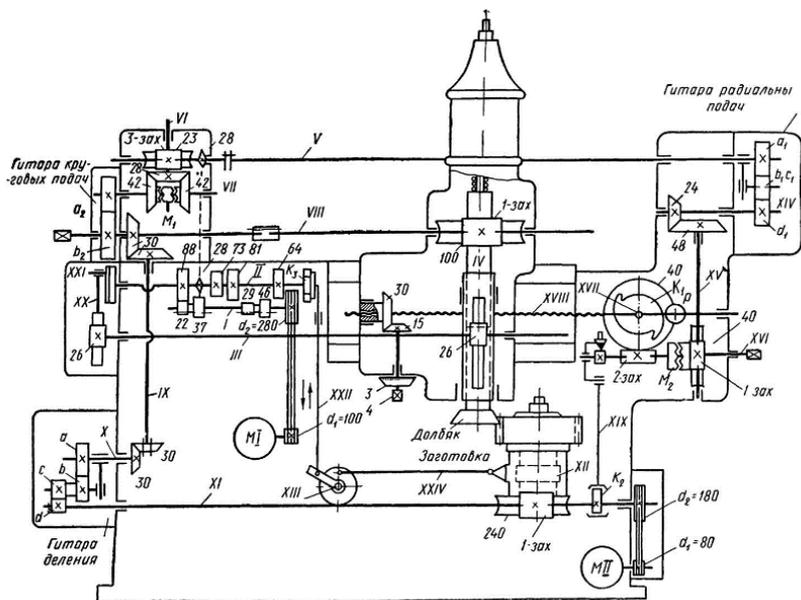
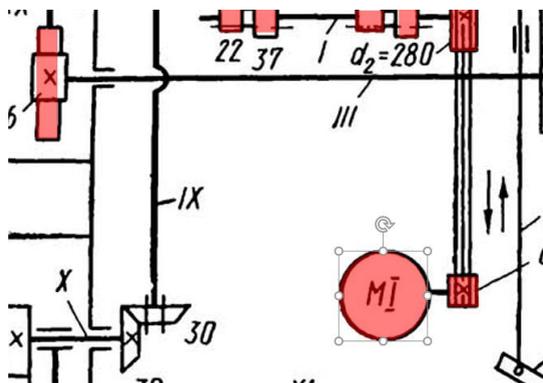


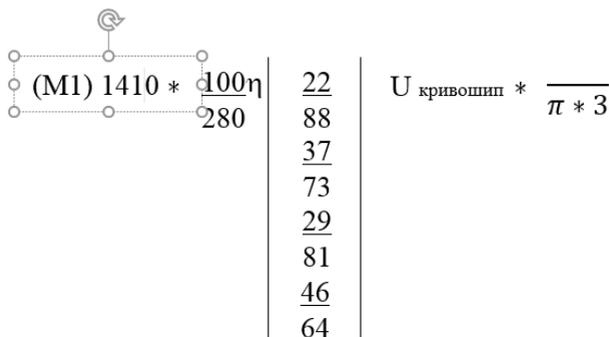
Рис. 1. Кинематическая схема 514 зубодолбежного станка



**Рис. 2. Выделение необходимых элементов кинематической цепи**

Каждую из фигур мы «подгоняем» под размер исходных колес, двигателей и т.д. Чтобы контрастный цвет не перекрывал необходимую нам информацию, воспользуемся инструментом «полупрозрачная заливка». Подобным образом проделываем всю цепь (рис. 2).

Одновременно с этим создаем внизу слайда УКБ. С помощью команды «добавление текста» записываем УКБ данной цепи (рис. 3). Необходимо записывать каждое действие отдельно для большей наглядности.



**Рис. 3. Пример записи УКБ**

Когда все необходимые элементы выделены, а уравнение цепи написано, необходимо воспользоваться командой «анимация». Мы последовательно выделяем каждый элемент цепи. После того как он будет

вставлен в анимационную очередь, необходимо продублировать его, только уже в формате УКБ (то есть элемент отображается в уравнении).

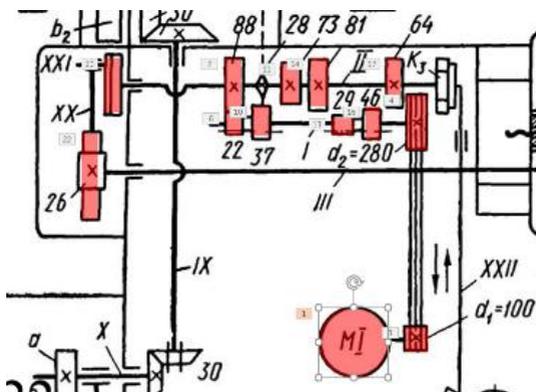


Рис. 4. Порядковый номер каждой из анимаций

В конечном виде слайд будет представлять собой кинематическую схему, на которой после каждого нажатия будет появляться необходимый нам элемент, дублирующийся в УКБ (рис. 5).

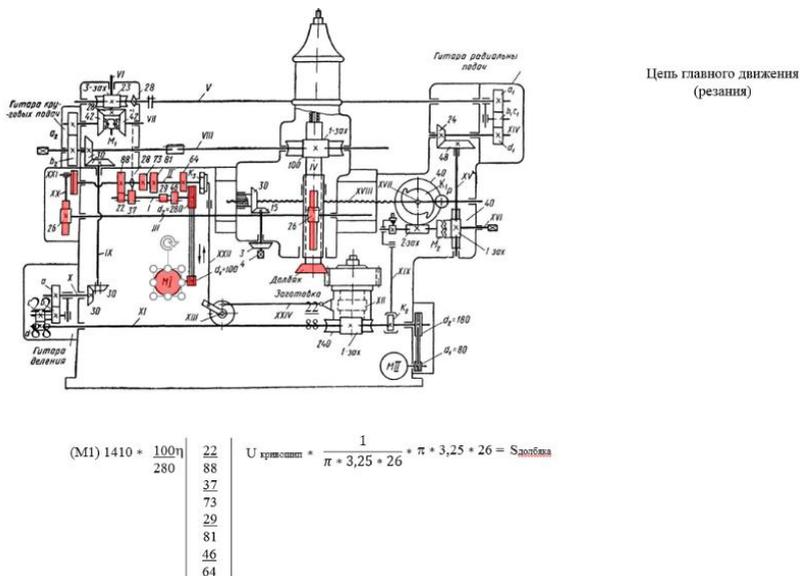


Рис. 5. Слайд после показа всех анимаций

Таким образом, проведена работа по созданию интерактивного учебного пособия. Оно является более наглядным, чем предшествующие ему, а это значит, что студенты смогут проще воспринимать необходимую им информацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Проников А.С.* Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. А.С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 479 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3 т. Т.2; Ч.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др.; под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Машиностроение, 1995. 320 с.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
И РЕМОНТА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ  
В ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»**

**Н.И. Викторов<sup>1</sup>, И.И. Верлока<sup>1</sup>, А.В. Грызунов<sup>2</sup>, Д.М. Веденеев<sup>2</sup>**

Научный руководитель – **И.И. Верлока**, канд. техн. наук,  
старший преподаватель

<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет

<sup>2</sup>Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез (Славнефть-ЯНОС)

*Приведен обзор деятельности Ярославского НПЗ (ПАО «Славнефть-ЯНОС») по поддержанию работоспособности регулирующих и отсечных клапанов, находящихся в эксплуатации. Обобщены результаты работы ЯГТУ по исследованию гидродинамической кавитации, вызывающей износ запорно-регулирующей арматуры.*

***Ключевые слова:** нефтепереработка, запорно-регулирующая арматура, техническое обслуживание, гидродинамическая кавитация, стохастическое моделирование*

**ORGANIZATION OF MAINTENANCE AND REPAIR  
OF SHUT-OFF AND CONTROL VALVES  
IN PJSC «SLAVNEFT-YANOS»**

**N.I. Viktorov<sup>1</sup>, I.I. Verloka<sup>1</sup>, A.V. Gryzunov<sup>2</sup>, D.M. Vedeneev<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor – **I.I. Verloka**, Candidate of Technical  
Sciences, Senior Lecturer

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University

<sup>2</sup>Slavneft-YANOS

*An overview of the Yaroslavl oil refinery (PJSC Slavneft-YANOS) activities to maintain the operability of its own control and shut-off valves. The results of the YSTU work on the study for hydrodynamic cavitation causing wear of shut-off and control valves.*

***Keywords:** oil refining, shut-off and control valves, maintenance, hydrodynamic cavitation, stochastic modeling*

Техническое обслуживание трубопроводной арматуры является первостепенной и трудоемкой задачей в нефтеперерабатывающей отрасли. Регулирующие и отсечные клапаны относятся к исполнительным органам систем автоматизированного управления технологическим процессом. Первые предназначены для поддержания физических параметров процесса (расход, уровень, давление и температура измеряемой среды) путем плавного дросселирования потока. Вторые необходимы для быстрого перекрытия трубопроводов при возникновении аварийной ситуации на технологическом участке. Несмотря на заявленный производителями срок службы указанной арматуры (не менее 20 лет), ее проточная часть постоянно подвергается износу и разрушению вследствие влияния гидродинамической кавитации [1], возникающей в условиях резкого падения давления в сужении потока. Данная проблема остается актуальной как при эксплуатации известного оборудования, так и при проектировании новых высокоэффективных исполнительных механизмов. В целях совершенствования конструкции разрабатываемых устройств на базе ЯГТУ проведены исследования, согласно которым выполнены: 1) стохастическое моделирование стадий формирования и развития кавитационных пузырей [2, 3]; 2) анализ математической модели на предмет влияния на ее параметры коэффициента пропускной способности клапана  $K_v$  и условного диаметра его проходного сечения  $D_y$  [4, 5]; 3) верификация модели на опытных стендах; 4) разработка инженерной методики расчета. Результаты работы уже внедрены на одном из российских предприятий по производству запорно-регулирующей арматуры.

Обслуживанием и ремонтом регулирующих и отсечных клапанов в ПАО «Славнефть-ЯНОС» занимается собственная заводская структура – ремонтно-механическая группа цеха КИП и А и систем управления № 15. Квалифицированный персонал подразделения располагает транспортом и грузоподъемными устройствами для оперативной доставки арматуры с технологического объекта в ремонт и обратно. Плановое периодическое обслуживание клапанов производится по месту установки и включает в себя: визуальный осмотр на предмет отсутствия механических повреждений; осмотр и подтяжку (при необходимости) сальника, резьбовых соединений, элементов обратной связи; проверку плавности хода штока; настройку элементов управления (позиционера или концевых выключателей). Ремонт арматуры в мастерской цеха № 15 осуществляется в три этапа и предполагает выполнение следующих мероприятий: замена необходимых деталей; контрольные испытания (проверка функционирования, испытание на прочность и герметичность, рис. 1); покраска корпуса (при необходимости). Кроме этого, ремонтно-механическая группа проводит входной контроль поступивших на склад новых клапанов на предмет со-

ответствия требованиям заказной документации. Купленная арматура также проходит контрольные испытания.



**Рис. 1. Клапан отсечной шаровой ГОСТ 21345-2005 с пневмоприводом на контрольных испытаниях в мастерской ремонтно-механической группы цеха №15 ПАО «Славнефть-ЯНОС»**

Таким образом, ПАО «Славнефть-ЯНОС» своими силами оперативно поддерживает работоспособность регулирующих и отсечных клапанов и старается продлить их срок службы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулагин В.А. Кавитация в элементах запорной арматуры трубопроводных систем / В.А. Кулагин, Н.Ю. Соколов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2014. Т. 7. С. 872-880.
2. О методах моделирования основных стадий развития гидродинамической кавитации / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов // Фундаментальные исследования. 2016. № 3. С. 268-273.
3. Стохастическая модель процесса образования кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Вестник ИГЭУ. 2016. № 4. С. 24-29.
4. О влиянии пропускной способности осевого клапана на параметры стохастической модели кавитации / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Российский химический журнал (Журнал химического общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62, № 4. С. 51-53.
5. Исследование поведения системы газ-пар внутри кавитационного пузыря при работе осевого клапана / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Вестник ИГЭУ. 2020. № 3. С. 58-64.

УДК 539.4

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЛКИ НАИМЕНЬШЕГО ОБЪЕМА СО СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**Р.А. Молчанов, Н.В. Бадаева**

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

Ярославский государственный технический университет

*Дается понятие оптимального проектирования элементов конструкций, рассмотрен пример оптимального проектирования статически определимой системы.*

***Ключевые слова:** оптимальное проектирование, элементы конструкций, регулирование усилий, статически определимая система, целевая функция, управляющие параметры, оптимальные значения*

## **DESIGN OF THE SMALL VOLUME BEAM WITH STEP CHANGE IN CROSS SECTION**

**R.A. Molchanov, 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 statically definable system is considered.*

***Keywords:** optimal design, structural elements, regulation of efforts, statically definable system, objective function, control parameters, optimal values*

При проектировании конструкций часто возникают противоречащие друг другу требования. С одной стороны, необходимо обеспечить эксплуатационную пригодность конструкции, прежде всего ее достаточную прочность, жесткость и устойчивость. С другой стороны, обычно

стоит требование минимального веса или объема. Создание конструкций, удовлетворяющих наилучшим образом технологическим и эксплуатационным требованиям, составляет предмет оптимального проектирования. Параметры оптимальной конструкции рассчитывают по разработанной математической модели. Эти параметры обеспечивают максимальное или минимальное значение целевой функции. Управляющими называют параметры, влияющие на функцию цели. Изменение управляющих параметров влияет на значение целевой функции. Управляющие параметры могут изменяться в определенном диапазоне и на них накладывают дополнительные условия – ограничения в форме равенств или неравенств. Значение функции цели, удовлетворяющее заданному критерию, при некоторых значениях управляющих параметров является решением задачи оптимизации.

При проектировании конструкции роль функции цели может быть отведена весу или объему конструкции, а критерием оптимизации является условие минимума функции цели. Условие прочности конструкции является необходимым при ее проектировании, поэтому является дополнительным при решении задачи. Условия жесткости, устойчивости и другие эксплуатационные условия, как дополнительные условия, прописывают в математической модели в зависимости от назначения конструкции. Геометрические параметры элемента могут являться параметрами оптимизации. Особенностью выбора управляющих параметров при оптимизации статически определимых стержневых систем является то, что внутренние усилия в элементах статически определимой стержневой системы определяются исключительно уравнениями равновесия ее элементов и зависят только от геометрической конфигурации стержневой конструкции, от длин ее элементов, топологии их соединения и от нагрузки и не зависят от жесткости элементов [2, 3]. Выбор метода оптимизации обусловлен спецификой решаемой задачи.

Рассмотрим задачу оптимального проектирования для нагруженной сосредоточенной силой консоли заданной длины  $l$  и постоянной высотой  $h$  с прямоугольным поперечным сечением. Пусть требуется уменьшить объем консольной балки, не снижая ее прочности. При этом имеется технологическая возможность использовать в конструкции балку заданной длины  $l$  и постоянной высоты  $h$  со ступенчатым изменением ширины балки. В самом простом случае проектируем балку, состоящую из двух участков (рис. 1). Определим ширину и длину участков, обеспечивающие минимальный объем балки при сохранении ее прочности.

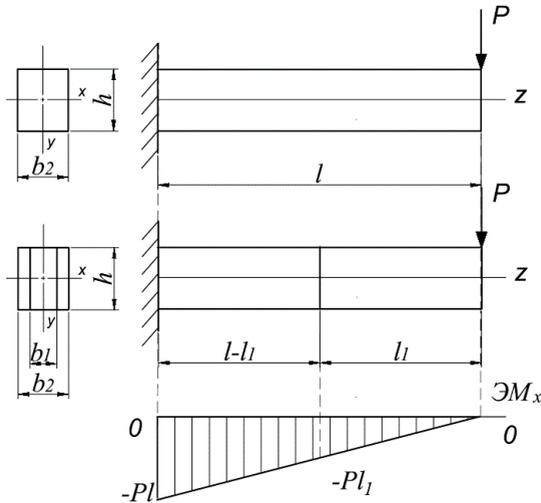


Рис. 1. Эпюра изгибающего момента

1. Ограничения – длина элемента задана, высота элемента задана:

$$l = \text{const}, h = \text{const} \quad (1)$$

2. Целевая функция – объем элемента – определяется формулой

$$V = b_1 h l_1 + b_2 h (l - l_1). \quad (2)$$

3. Управляющие параметры – длина первого участка  $l_1$  и ширина первого и второго участков  $b_1, b_2$ .

4. Дополнительные ограничения – условие прочности для участков консоли:

$$\sigma_1 = \frac{Pl_1}{W_1} \leq [\sigma], \quad \text{где } W_1 = \frac{b_1 \cdot h^2}{6} \quad (3)$$

$$\sigma_2 = \frac{Pl}{W_2} \leq [\sigma], \quad \text{где } W_2 = \frac{b_2 \cdot h^2}{6}. \quad (4)$$

Условие равно прочности первого и второго участков:

$$\sigma_1 = \sigma_2. \quad (5)$$

Требуется минимизировать функцию цели при выполнении условий прочности.

Условие прочности второго участка однозначно определяет величину  $b_2$ :

$$b_2 \geq \frac{6Pl}{h^2[\sigma]}. \quad (6)$$

Из условия прочности первого участка получаем выражение для его ширины через неизвестную длину первого участка:

$$b_1 \geq \frac{6Pl_1}{h^2[\sigma]}. \quad (7)$$

Подставляем  $b_1$  и  $b_2$  в выражение для объема.

5. Окончательный вид целевой функции

$$V = \frac{6Pl_1}{h^2[\sigma]}hl_1 - \frac{6Pl}{h^2[\sigma]}h(l-l_1) = \frac{6P}{h[\sigma]}(l_1^2 + l^2 - l \cdot l_1). \quad (8)$$

Объем оказывается функцией одного параметра, значение которого определяем из условия минимума объема

$$V = \frac{6P}{h[\sigma]}(l_1^2 + l^2 - l \cdot l_1) \rightarrow \min \quad (9)$$

6. Определим минимум целевой функции:

$$\frac{dV}{dl_1} = \frac{6Pl^2}{h[\sigma]}(2l_1 - l) = 0. \quad (10)$$

$$l_1 = 0,5l \quad (11)$$

Получаем формулы для вычисления балки ступенчатого переменного сечения:  $b_1, b_2$ :

$$b_1 \geq \frac{3Pl}{h^2[\sigma]}. \quad (12)$$

$$b_2 \geq \frac{6Pl}{h^2[\sigma]}. \quad (13)$$

При этом объем балки постоянного сечения, имеющей длину  $l$  и ширину  $b_2 = \frac{6Pl}{h^2[\sigma]}$ , определяется формулой

$$V_2 = b_2hl = \frac{6Pl^2}{h[\sigma]}. \quad (14)$$

Объем балки со ступенчатым изменением ширины сечения, имеющей два участка с длинами  $l_1$  и  $l-l_1$  и шириной

$$b_1 = \frac{3Pl}{h^2[\sigma]} \text{ и } b_2 = \frac{6Pl}{h^2[\sigma]},$$

определяется формулой

$$V = \frac{3Pl}{h^2[\sigma]}hl_1 + \frac{6Pl}{h^2[\sigma]}h(l-l_1) = \frac{6Pl^2}{h[\sigma]} - \frac{1,5Pl^2}{h[\sigma]} = \frac{4,5Pl^2}{h[\sigma]}. \quad (15)$$

Экономия материала составила

$$\Delta = \frac{V_2 - V}{V_2} \cdot 100\% = 25\%. \quad (16)$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы оптимального проектирования: Текст лекций / СПбГУАП. СПб., 2001. 169 с.
2. *Лобанова Ю.Е.* Оптимальное проектирование статически неопределимых систем // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 22 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 2. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2020. 1189 с. 1 электрон. опт. диск.
3. *Смилык Н.В.* Оптимальное проектирование элементов конструкций // 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. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2019. 1189 с. 1 электрон. опт. диск.

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КРУЧЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**Д.Д. Николаенков, И.С. Шеронина**

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

Ярославский государственный технический университет

*Настоящая статья посвящена краткому анализу особенностей кручения стержней различного профиля, проведенного на основании полученных методами сопротивления материалов и теории упругости формул для определения напряжений и угловых перемещений. Приведены примеры распределения напряжений для брусков круглого и произвольного форм сечений.*

**Ключевые слова:** крутящий момент, касательные напряжения, момент сопротивления, момент инерции, угловые деформации, диаметр вала, прямоугольное и треугольное поперечное сечение, тонкостенные стержни замкнутого и незамкнутого профиля

## **THE ANALYSIS OF THE TORSION FEATURES OF RODS OF DIFFERENT CROSS-SECTIONS**

**D.D. Nikolaenkov, I.S. Sheronina**

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

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to a brief analysis of the features of torsion of rods of various profiles, carried out on the basis of formulas obtained by methods of resistance of materials and elasticity theory for determining stresses and angular displacements. Examples of stress distribution for bars of round and arbitrary cross-sections are given.*

**Keywords:** torque, tangential stresses, moment of resistance, moment of inertia, angular deformations, shaft diameter, rectangular and triangular cross-section, thin-walled rods of closed and unclosed profile

Под кручением понимается такой вид нагружения при котором во всех поперечных сечениях стержня возникает только один внутренний силовой фактор, крутящий момент, другие силовые факторы равны нулю.

При расчете стержня на кручение, как правило, приходится решать две основные задачи: определять напряжения и находить угловые перемещения, возникающие в поперечных сечениях стержня, в зависимости от внешней нагрузки. Эти задачи решаются по-разному в зависимости от того, какой вид поперечного сечения имеет закручиваемый стержень. Наиболее просто их можно решить для случая стержня круглого сечения. В данном случае механизм деформации рассматривается как поворот плоского сечения в своей плоскости на некоторый угол как жесткого целого. Этот угол поворота для разных сечений будет различным. Сказанное соответствует гипотезе плоских сечений, а решение, полученное этим путем, показывает, что в поперечном сечении стержня возникают только касательные напряжения  $\tau$ , величина которых определяется по формуле

$$\tau = \frac{M_{кр}}{J_p} \rho,$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент в рассматриваемом сечении,

$J_p = \int_A \rho^2 A$  – полярный момент инерции сечения,

$\rho$  – расстояние (радиус) от рассматриваемой точки сечения до центра тяжести стержня.

Из приведенной формулы следует, что касательные напряжения в поперечном сечении круглого стержня распределяются вдоль радиуса  $\rho$  по линейному закону (рис. 1). В каждой точке сечения они перпендикулярны текущему радиусу  $\rho$ , а согласно закону парности касательных напряжений точно такие же напряжения возникают в продольных сечениях. Наибольшие значения касательных напряжений имеют в наиболее удаленных от оси точках, т.е.

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{J_p} \rho_{max}.$$

Учитывая, что  $\frac{J_p}{\rho_{max}} = W_p$ , можно записать

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{W_p}.$$

Для стержня круглого поперечного сечения полярный момент сопротивления равен  $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$ , тогда

$$\tau_{max} = \frac{16M_{кр}}{\pi d^3}.$$

Таким образом, величина наибольших касательных напряжений обратно пропорциональна кубу диаметра  $d$  вала.

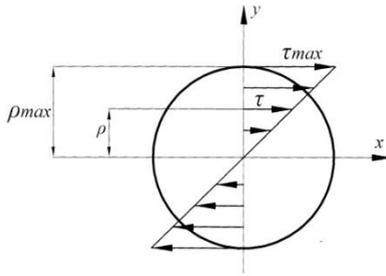


Рис. 1

Что касается взаимного угла поворота сечения  $\varphi$ , то его можно определить по формуле

$$\varphi = \int_0^l \frac{M_{кр} dz}{G J_p},$$

где  $l$  – расстояние между сечениями, для которых определяется взаимный угол поворота.

Если крутящий момент остается постоянным по длине стержня, т.е.  $M_{кр} = const$ , то угловые перемещения изменяются по длине вала по линейному закону, а их величина обратно пропорциональна четвертой степени диаметра  $d$ , т.е.:

$$\varphi = \frac{32 M_{кр} l}{G \pi d^4}.$$

Теперь рассмотрим как определяются напряжения и угловые перемещения в случае кручения стержня некруглого поперечного сечения. Основным отличием является то, что при кручении таких стержней поперечные сечения до деформации не остаются плоскими после деформации, а искривляются. В результате этого существенно изменяется картина распределения касательных напряжений по сечению. Поэтому при определении углов сдвига приходится учитывать не только взаимный поворот сечений, но и местный перекося, связанный с искривлением сечений. В связи с этим напряжения, возникающие в поперечном сечении, должны определяться никак функция одного независимого параметра « $\rho$ », а двух ( $x$  и  $y$ ). Задача в данном случае не может быть решена методами сопротивления материалов.

Для расчета стержней часто встречающихся форм некруглого поперечного сечения в литературе приведены готовые формулы, полученные методами теории упругости. При их выводе высказаны общие соображения относительно законов распределения напряжений в поперечных сечениях некруглой формы. Прежде всего, установлено, что касательные

напряжения  $\tau$  в точках, расположенных вблизи контура, направлены по касательной к дуге контура. Если в сечении имеются внешние углы, то в них касательные напряжения равны нулю. В качестве примера рассмотрим, полученные методами теории упругости формулы и эпюры распределения касательных напряжений для некоторых сечений [1].

На рис. 2 приведена эпюра распределения касательных напряжений для бруса прямоугольного сечения.

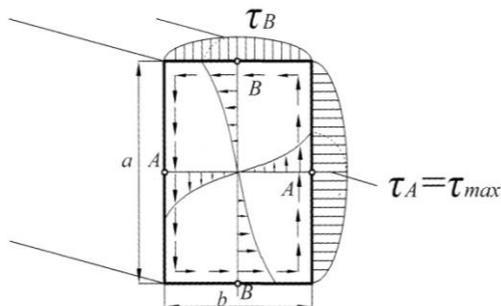


Рис. 2

В углах сечения напряжения равны нулю, а наибольшие напряжения  $\tau_A$  возникают по середине большой стороны ( $a$ ):

$$\tau_A = \tau_{max} = \frac{M_{кр}}{\alpha a b^2}.$$

В точке  $B$  напряжения равны:

$$\tau_B = \eta \tau_A.$$

Угловые перемещения определяются по формуле

$$\varphi = \frac{M_{кр} l}{G \beta a b^3},$$

где  $a$  - большая сторона,  $b$  - малая сторона прямоугольника.

Коэффициенты  $\alpha, \beta, \eta$  зависят от отношения сторон  $a/b$  и определяются по специальным таблицам.

Для эллиптического сечения наибольшие напряжения возникают в точке  $A$  (рис. 3), на концах малой оси и определяются по следующим формулам:

$$\tau_A = \tau_{max} = \frac{2M_{кр}}{\pi a b^2}.$$

Напряжения в точке  $B$  равны

$$\tau_B = \frac{2M_{кр}}{\pi b a^2}.$$

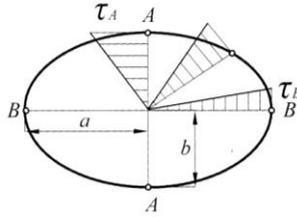


Рис. 3

Угловые перемещения определяются по формуле

$$\varphi = \frac{M_{кр} l}{G \frac{\pi a^3 b^3}{a^2 + b^2}}$$

Для сечения, имеющего форму равностороннего треугольника со стороной  $a$ , наибольшие напряжения возникают по середине сторон треугольника и определяются так:

$$\tau_{max} = \frac{20M_{кр}}{a^3}$$

Угловое перемещение в этом случае равно

$$\varphi = \frac{M_{кр} l}{G \frac{\sqrt{3}}{80} a^4}$$

В практике самолетостроения часто возникает необходимость расчета на кручение так называемых тонкостенных стержней замкнутого или открытого профиля, у которых длина контура  $S$  поперечного сечения значительно больше толщины  $\delta$ , т.е.  $l \gg s \gg \delta$ .

Эти два типа тонкостенных стержней обладают существенно разной жесткостью, вследствие чего углы закручивания, величина и характер распределения касательных напряжений в поперечных сечениях при одинаковых крутящих моментах существенно различаются.

Величину и характер распределения напряжений в поперечных сечениях тонкостенного стержня проще всего установить при помощи пленочной аналогии.

С большой степенью точности установлено, что касательные напряжения по толщине незамкнутого профиля распределяются линейно, а в случае замкнутого – близко к равномерному.

Величину касательных напряжений для тонкостенных стержней любого незамкнутого профиля можно определить по общей формуле

$$\tau_{max} = \frac{3M_{кр}}{\delta^2 \cdot s'}$$

где  $\delta$  – толщина профиля,  $s'$  – длина контура поперечного сечения.

Угол поворота сечения определяются по формуле

$$\varphi = \frac{3M_{кр}l}{G\delta^3s}.$$

Для тонкостенных стержней замкнутого профиля аналогичные формулы имеют вид

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{2F\delta_{min}},$$

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{4GF^2} \int \frac{ds}{\delta},$$

где  $F$  - площадь области, ограниченная средней линией сечения.

Очевидно, что наибольшие касательные напряжения возникают в зоне, где толщина стенки замкнутого контура минимальна.

Если проанализировать полученные формулы, можно сделать вывод, что касательные напряжения в незамкнутом профиле больше во столько раз, чем в замкнутом, во сколько поперечные размеры сечения больше его толщины. Следовательно, незамкнутый профиль оказывается существенно менее прочным и жестким, чем такой же замкнутый.

Если обобщить все полученные формулы, то их можно привести к одному виду:

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{W_{\kappa}},$$
$$\varphi = \frac{M_{кр}l}{GJ_{\kappa}},$$

где  $J_{\kappa}$  и  $W_{\kappa}$  – геометрические параметры, зависящие от вида сечения стержня, которые определяются по существующим в литературе таблицам.

## 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. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник / Г.С. Варданян, В.И. Андреев, Н.М. Атаров и др.; под ред. Г.С. Варданяна. М.: Изд-во АСВ, 1995. 588 с.

## **О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ЕГО СГЛАЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ**

**С.Н. Черпицкий, П.М. Смирнов, М.Ю. Таршис**

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

Ярославский государственный технический университет

*Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния числа ступеней и параметров лопастей барабанно-лопастного смесителя на его сглаживающую способность. Получены аппроксимирующие кривые зависимости дисперсии коэффициента неоднородности смеси от длины аппарата.*

**Ключевые слова:** смеситель, сыпучие материалы, эффективность, эксперимент, коэффициент неоднородности, сглаживающая способность

## **ON THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE DRUM-BLADE MIXER ON ITS SMOOTHING ABILITY**

**S.N. Cherpitskiy, P.M. Smirnov, M.Yu. Tarshis**

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

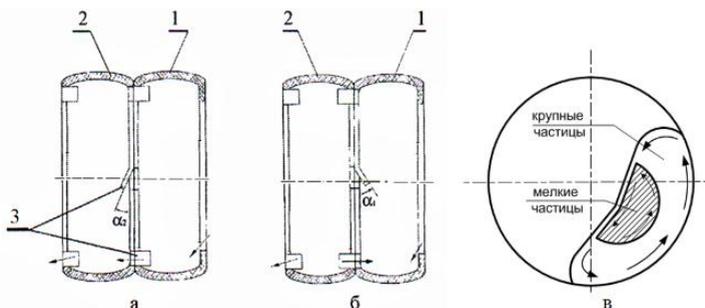
Yaroslavl State Technical University

*The results of experimental studies of the influence of the number of steps and the parameters of the blades of a drum-blade mixer on its smoothing ability are presented. Approximating curves of the dependence of the dispersion of the inhomogeneity coefficient of the mixture on the length of the apparatus are obtained.*

**Keywords:** mixer, bulk materials, efficiency, experiment, inhomogeneity coefficient, smoothing ability

Обеспечение эффективности проектируемого технического устройства связано с совершенствованием реализуемого технологического процесса, выбором рациональных параметров процесса и устройства, продлением его срока службы, использованием при проектировании элементов конструкции изделий, отработавших ресурс и рядом других методов. При разработке барабанно-лопастного аппарата непрерывного действия [1] для смешивания сыпучих материалов, исследуемого в данной работе, применены все упомянутые методы повышения эффективности (в том числе, использование в конструкции отработавших автомобильных покрышек).

На рис. 1 показан горизонтальный корпус смесителя и схема движения материала внутри него. Он выполнен в виде эластичных камер (покрышек) 1 и 2. Борта камер надрезаны, элементы бортов отогнуты поочередно в противоположных направлениях и образуют лопасти 3. Камеры 1, 2 сообщаются с патрубками загрузки компонентов и выгрузки смеси. Корпус размещен внутри цилиндрической трубы, установленной на роликах, связанных с приводом вращения (на рис. не показаны).



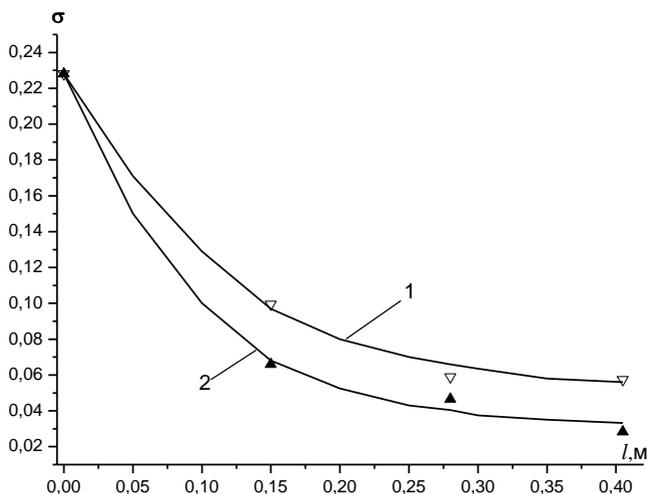
**Рис. 1. Схема движения материала внутри корпуса смесителя**

Схемы движения сыпучего материала показаны для двух положений корпуса, соответствующих повороту камер на угловой шаг установки лопастей (а - при прохождении лопасти через материал внутри камеры 1; б - при прохождении лопасти через материал внутри камеры 2). Лопасты, отогнутые внутрь камеры 1 и направленные навстречу потоку сыпучего материала, захватывают и перемещают его часть в камеру 2 через отверстия в бортах камер (рис. 1, а), а лопасти, отогнутые внутрь камеры 2, аналогичным образом, возвращают часть смеси в камеру 1 через соответствующие отверстия в бортах (рис. 1, б). Таким образом, обеспечивается циркуляция сыпучего материала не только в поперечном сечении смесителя, но и в его продольном сечении. На рис. 1, в показана схема движения материала и его сегрегации в поперечном сечении камер 1, 2. Среди

известных способов подавления сегрегации – использование в конструкции устройства рабочих элементов, разрушающих ядро сегрегации, возникающее в поперечном сечении перерабатываемого материала. В конструкции рассматриваемого смесителя рабочие лопасти применяются как для подавления сегрегации, так и для сглаживания колебаний концентрации ключевого компонента.

Целью исследований сглаживающей способности лопастного смесителя являлось установление зависимости дисперсии коэффициента неоднородности смеси от длины аппарата и параметров применяемых лопастей. При исследованиях был использован бесконтактный метод определения качества смеси [2].

Результаты исследования сглаживающей способности барабанно-лопастного смесителя представлены на рис. 2. Здесь символами показаны значения коэффициента неоднородности смеси полученные экспериментально, сплошными линиями – аппроксимирующие их кривые. При обработке результатов эксперимента (построении аппроксимирующих кривых) был использован метод наименьших квадратов. Для оценки качества аппроксимации была использована величина достоверности аппроксимации  $R^2$  [3].



**Рис. 2. Зависимость дисперсии коэффициента неоднородности смеси от длины смесителя при различных конструкциях лопастей:**  
 1 -  $\sigma=0.18e^{-L/0.115}+0.049$ ,  $R^2=0.998$ ; 2 -  $\sigma=0.197e^{-L/0.091}+0.031$ ,  $R^2=0.997$

При исследованиях использовались прямоугольные лопасти (размер  $h \times b$ ), установленные вдоль радиуса корпуса, двух типов:

1:  $h_1 = b_1 = 60$  мм; 2 типа:  $h_2 = 60$  мм,  $b_2 = 20$  мм; при этом внутренний диаметр корпуса составлял 230 мм, его длина  $l = 150, 280, 405$  мм.

Дисперсия концентрации смеси измерялась на входе в смеситель, выходе из него и на различных расстояниях от входа -  $l$ . На расстояниях  $l_1 = 0,055$ ,  $l_2 = 0,2$ ,  $l_3 = 0,315$  м устанавливались ступени, несущие четыре лопасти, отогнутые поочередно в противоположных направлениях и наклоненные к оси корпуса под углами  $\alpha_1 = 45^\circ$  и  $\alpha_2 = 30^\circ$ . Угловая скорость вращения корпуса составляла  $\omega = \pi$  рад/с (30 об/мин).

Загрузка компонентов осуществлялась в соотношении объемов компонентов  $Q_1:Q_2 = 1:2$ . Коэффициент загрузки - 0,21. Насыпные плотности и средние диаметры частиц:  $\rho_1 = 666$  кг/м<sup>3</sup>,  $d_1 = 1,75$  мм,  $\rho_2 = 840$  кг/м<sup>3</sup>,  $d_2 = 2,25$  мм.

Исследования показали эффективность использования аппарата данной конструкции для подавления сегрегации смеси и обеспечения высокой сглаживающей способности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2618065 Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов. Опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.
2. Пат. 2690539 Российская Федерация. Способ исследования качества смеси компонентов, различающихся по цвету. Опубл. 04.06.2019, Бюл. № 16.
3. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. М.: Финансы и статистика, 1986. 369 с.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ,  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕСУРС ФИЛЬТРА СИСТЕМЫ  
ОЧИСТКИ ГАЗОВ**

**П.М. Смирнов, М.Ю. Таршис**

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

Ярославский государственный технический университет

*Экспериментальные исследования параметров, определяющих ресурс  
фильтра для системы очистки газов в различных отраслях машиностроения.*

*Ключевые слова: эффективность очистки, очистка газов, фильтрующий  
элемент*

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE PARAMETERS  
DETERMINING THE FILTER LIFE OF THE GAS  
PURIFICATION SYSTEM**

**P.M. Smirnov, M.Yu. Tarshis**

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

Yaroslavl State Technical University

*Experimental studies of the parameters that determine the filter life for a gas  
purification system in various branches of mechanical engineering.*

*Keywords: purification efficiency, gas purification, filter element*

Устройства предварительной очистки воздуха используются в различном технологическом оборудовании, таком как компрессорные и перекачивающие с применением ДВС станции, энергетические установки станции и др. Наибольшее распространение получили матерчатые фильтры.

Для фильтрации применяются различные материалы, однако наиболее надежными фильтрами являются те в, конструкции в которых применяются синтетические иглопробивные материалы.

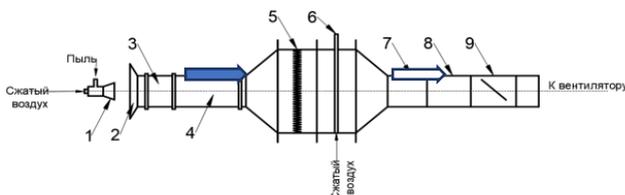
Для бесперебойной работы технологического оборудования, функционирование которого обусловлено подачей очищенного воздуха, требуется поддержание проектного гидравлического сопротивления фильтра и эффективности очистки. При повышении гидравлического сопротивления фильтра снижается его пропускная способность, а в критическом случае происходит разрушение фильтрационного материала. Повреждение фильтра грозит пропуском частиц пыли и, как следствие, интенсивным износом деталей оборудования, с последующими значительными капитальными затратами на восстановление.

Для продления срока эксплуатации фильтровальной ступени и поддержания проектного гидравлического сопротивления была предложена концепция периодической регенерации, без остановки процесса очистки.

Экспериментальные исследования параметров, определяющих ресурс фильтра, заключались в оценке эффективности очистки после регенерации фильтровального элемента сжатым воздухом. Эксперименты проводились с учетом принятых методик, описанных в работах [1, 2, 3].

Для исследования фильтра была разработана экспериментальная установка, состоящая из эжектора 1; расходмерного коллектора 2; переходных патрубков 3,7; стабилизирующих газоходов 4,8; фильтрующего элемента 5; устройства регенерации 6 и вентилятора 9.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1.



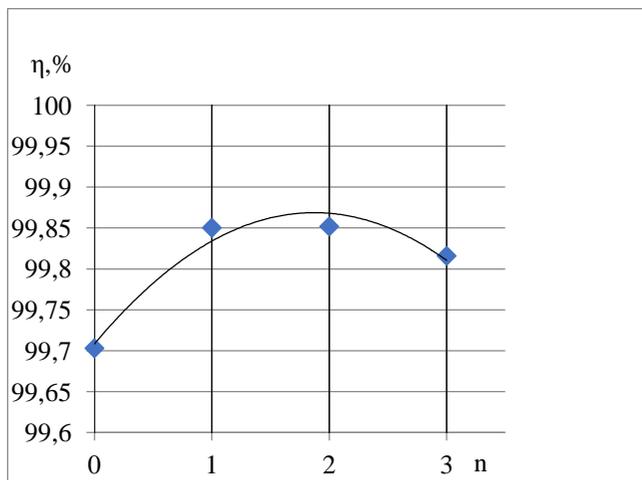
**Рис. 1. Экспериментальная установка**

Принцип работы экспериментальной установки следующий. Кварцевая пыль подается в эжектор 1. Запыленный с помощью эжектора 1 воздух засасывается вентилятором во входной расходомерный коллектор 2, отсюда через переходный патрубок 3 и измерительный газоход 4 проходит через фильтрующую перегородку 5, далее очищенный воздух минуя устройство регенерации 6 поступает в измерительный газоход 8. Необходимый расход воздуха в эксперименте устанавливался и регулировался при помощи заслонки 9, установленной перед вентилятором. Схематично стрелками показано движение газов во внутреннем объеме установки (см. рис. 1).

Необходимый расход постоянно контролировался многодиапазонным микроманометром с наклонной трубкой ММН-240(5)-1,0 ТУ 25-01-816-798, при помощи расходомерного коллектора 2. Класс точности микроманометра –1,0. Рабочая жидкость спирт этиловый. Гидравлическое сопротивление фильтра измерялось таким же микроманометром, подключенным к измерительным газоходам 4 и 8.

Фиксировалось количество подаваемой пыли, давление и температура воздуха в помещении. Взвешивание пыли, используемой во время эксперимента для запыления воздушного потока, осуществлялось на электронных весах с точностью измерений 0,01 г.

По результатам проведенных исследований и обработки экспериментальных данных построены графики зависимости эффективности очистки воздуха (КПД) от количества регенераций фильтра и гидравлического сопротивления фильтра от времени, представленные на рис. 2 и 3 соответственно.

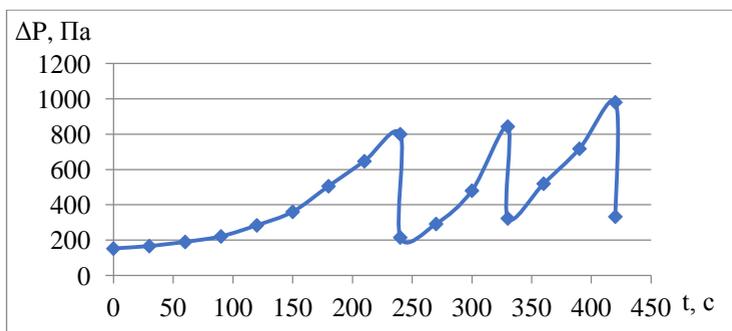


**Рис. 2. График зависимости КПД от числа регенераций**

1-я регенерация была проведена через 240 с,

2-я через 330 с, 3-я через 420 с

На графике прослеживается повышение эффективности улавливания пыли до проведения первой регенерации и последующее незначительное её снижение. Возрастание эффективности пылеулавливания до регенерации обусловлено увеличением пылевого слоя на поверхности фильтра. Снижение эффективности пылеулавливания связано с ухудшением фильтрационной способности после регенерации.



**Рис. 3. График зависимости гидравлического сопротивления фильтра от времени**

По результатам данного эксперимента можно отметить, что с течением времени сопротивление фильтра увеличивается, из-за нарастания слоя пыли на поверхности фильтровального материала. Резкое понижение сопротивления обусловлено регенерацией фильтра, т.е. обратной продувкой его сжатым воздухом. Следует отметить, что с течением времени сопротивление фильтра после регенерации полностью не восстанавливается, отсюда можно сделать вывод, что на поверхности фильтра образуется неотряхиваемый слой пыли.

Исследования параметров во время работы фильтра позволяют сделать следующие выводы:

- эффективность очистки воздуха возрастает с течением времени и увеличением слоя пыли на фильтровальной перегородке;
- регенерацию фильтра, изготовленного из синтетического иглопробивного материала, возможно проводить как минимум 3 раза, при поддержании проектной эффективности очистки;
- подтвержденная возможность регенерации фильтра позволяет увеличить его ресурс до замены в 2 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон Г.М. Контроль пылеулавливающих установок / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. М.: Металлургия, 1973. 384 с.
2. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистных установок на предприятиях машиностроения: практическое руководство / Н.Г. Булгакова, Л.В. Василевская, Л.Я. Градус и др. М.: Машиностроение, 1984. 126 с.
3. Коузов П.А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха / П.А. Коузов, Г.А. Иофинов. Л.: ВНИИОТ, 1967. 101 с.

## ПРОВЕРКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

**Ю.И. Владимиров, А.М. Шапошников**

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

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ решения задачи по курсу «Прочностные расчеты». Выявлены недочеты в решении, предлагаемом автором учебника. Произведен расчет при различных расчетных схемах. Произведено экспериментальное подтверждение.*

*Ключевые слова:* Прочностные расчеты, механика разрушения

## CHECKING THE CALCULATION SCHEME

**Yu.I. Vladimirov, A.M. Shaposhnikov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The analysis of the solution of the problem on the course "Strength calculations" was carried out. Identified shortcomings in the solution proposed by the author of the textbook. The calculation was made under various design schemes. An experimental confirmation has been made.*

*Keywords:* Strength calculations, fracture mechanics

В процессе решения задач по курсу «Прочностные расчеты» (учебник Д.М. Шапиро, А.И. Подорвановой, А.Н. Миронова) в задаче 6.47 обнаружилось несоответствие ответа правильному с теоретической точки зрения решению. По предположению, палец  $d$  (рис. 1) находится под нагрузкой, распределенной на протяжении 10 мм (рис. 2).

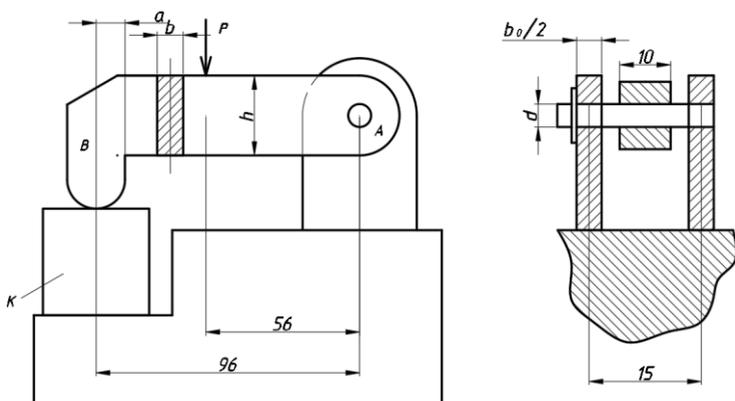


Рис. 1. Исходные данные задачи

Однако при подобном ходе решения ответ будет равен 7 мм на границе распределенной нагрузки (где изгибающий момент равен 7,5 Нм) и 8,5 мм в центре, и, следовательно, каждый вариант не соответствует данному в учебнике. Было принято решение проверить на соответствие ответу все варианты расчетных схем и расчеты для них.

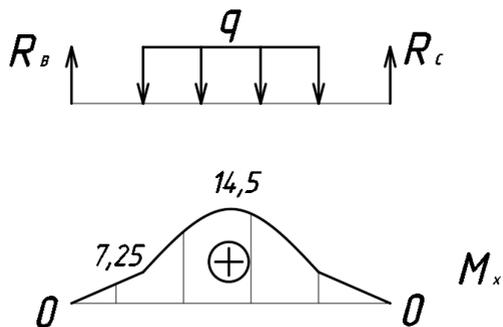
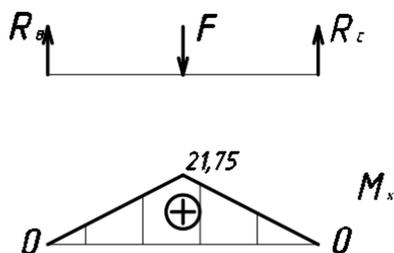


Рис. 2. Изначально предполагаемая расчетная схема

Для расчетной схемы на рис. 3 с сосредоточенной силой максимальный изгибающий момент равен 21,75 Нм, и диаметр из условия прочности для него составляет 12 мм, что соответствует диаметру из ответа в учебном пособии.



**Рис. 3.** Расчетная схема при сосредоточенной нагрузке

Исходя из этого, было выдвинуто предположение, что при разработке учебника автор выбрал для решения неправильную расчетную схему, по которой самым опасным местом, где палец, скорее всего, ломается, является середина, а не граница втулки, надетой на палец.

Для подтверждения гипотезы была проведена экспериментальная проверка. В качестве образца был взят карандаш диаметром 8 мм. Проверялись две расчетные схемы, проверяемые до этого теоретически – с сосредоточенной силой и с распределенной нагрузкой на участке в центре. Нагрузка измерялась динамометром, нагрузка была приложена вертикально вниз.

Для расчетной схемы с сосредоточенной нагрузкой приложенная сила, при которой тело разрушилось, составила 38 Н. Место разрушения – центр стержня, но подобная нагрузка не соответствует данной в задаче. Для расчетной схемы, подобной рис. 2, приложенная сила составила 56 Н. Место разрыва, т.е. самое опасное место, соответствовало высказанному в начале предположению – место разлома – на границе втулки (рис. 4).



**Рис. 4.** Разрушение образца

Таким образом, предположение о неправильно выбранной автором учебника расчетной схеме подтвердилось, что было доказано не только теоретически, но и эмпирически.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шапиро Д.М.* Сборник задач по сопротивлению материалов: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Д.М. Шапиро, А.И. Подорванова, А.Н. Миронов. Изд. 3-е, переработ. М.: «Высшая школа». 1970. 335 с.
2. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: учебник для вузов. 9-е изд., перераб. М.: Наука, 1986. 512 с.

## **ЦИФРОВОЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ**

**Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока,  
А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Разработка программно-аппаратного комплекса, включающего цифровой экспресс-метод, основанный на различии по цвету частиц смеси для быстрой оценки содержания компонентов смеси в пробе и последующего вычисления коэффициента неоднородности, как основного показателя качества.*

***Ключевые слова:** цифровой способ, технологический процесс, смешение, сыпучая смесь, программно-аппаратный комплекс*

## **DIGITAL METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF A SOLID DISPERSED MIXTURE**

**D.D. Bakhaeva, D.V. Stenko, I.I. Verloka,  
A.E. Lebedev, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical and Mathematical  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*Development of a software-hardware system that includes a digital express method based on the difference in color of a sample mixture for assessing the content of mixture components in a sample and identifying the coefficient of heterogeneity as an indicator of quality.*

***Keywords:** digital method, technological process, mixing, free-flowing mixture, software-hardware system*

Процесс смешения твердых дисперсных компонентов имеет широкое распространение. Проблема оценки качества получаемой смеси актуальна для нужд химической, пищевой, агропромышленной направленности, строительной индустрии и требует решения в связи с ужесточением регламентных требований к показателю однородности готового продукта [1-3]. Определение показателей однородности смеси является одним из наиболее сложных и трудоемких процессов, особенно когда смесь трудно разделить на исходные компоненты [4, 5]. В основном для определения дисперсных характеристик, таких как коэффициент неоднородности сыпучего материала, используются контактные методы, которые заключаются в физическом взятии проб и дальнейшем определении концентраций компонентов с использованием физических и химических методов анализа. Главным недостатком контактных методов исследования смесей (ситовый анализ, седиментация и пр.) является их трудоемкость. В бесконтактных методах могут использоваться, например, облучение исследуемого образца рентгеновскими лучами, но у этих способов узкая область применения и высокая стоимость. Наиболее доступными и дешевыми из бесконтактных методов оценки качества твердой дисперсной смеси являются методы, основанные на анализе фото поверхности смеси. В настоящее время практически все существующие бесконтактные методы базируются на проприетарном программном обеспечении (ПО) или требуют значительных вмешательств в смесительный аппарат, что не всегда возможно. Проанализировав положительные и отрицательные стороны обоих методов, предлагается новый комбинированный полубесконтактный экспресс-метод для оценки качества твердой дисперсной смеси и аппарата для его реализации. Основными элементами устройства являются: вычислительный блок, фотокамера, пробоотборники, панель анализа и сетевое оборудование. Программная часть реализует уникальный алгоритм, позволяющий перераспределить пиксели цифрового изображения опытной пробы по компонентам смеси, написанный на языке программирования Python

Данный экспресс-метод включает в себя следующие стадии:

- 1) Отбор проб исходных компонентов и смеси;
- 2) Фотографирование этих проб при одинаковых условиях съемки;
- 3) Попиксельный анализ изображений исходных компонентов с получением распределения пикселей по оттенкам серого (и его аппроксимация степенным полиномом);
- 4) Определение порогового оттенка;
- 5) Расчет значения коэффициента неоднородности.

Для обработки фотопроб твердой дисперсной смеси используется open source библиотека компьютерного зрения OpenCV. Она предназначена для анализа, классификации и обработки изображений. Пример работы библиотеки OpenCV на песчано-цементной смеси представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Пример работы библиотеки OpenCV на песчано-цементной смеси:**  
*а* – исходное изображение; *б* – изображение после обработки

В качестве примера работы библиотеки OpenCV на песчано-цементной смеси на рис. 1, *а* представлено исходное цветное изображение. Выполненная обработка данного изображения (рис. 1, *б*) позволила получить фото с приведением к оттенкам серого при попиксельном обходе с выделением границ ключевого компонента смеси для последующего анализа. Таким образом, предложенный цифровой способ оценки качества твердой дисперсной смеси способствует развитию методов контроля выполнения регламентных требований к показателю однородности готового продукта, а также инженерных методов расчета рациональных параметров процесса смешения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стохастический анализ ротационного смешения полимерных компонентов в рамках рециклинга и развития технологий 3D-печати / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Е. Лебедев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. Т. 57, № 11. С. 16–21.

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. 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.
4. Исследование энергетических характеристик процесса смешивания сыпучих компонентов в ротационном аппарате / А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. 2020. №. 3. С. 70-78.
5. Distribution of the components of the building mixture in the presence of secondary raw materials during rotary mixing / A. Kapranova, D. Bahaeva и др. // E3s Web of Conference. 2020. V. 220, 01060. Published online 16 December 2020.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛАПАНА ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТИПА

**Д.Е. Голубев, А.И. Иванов, И.А. Стогов, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Отмечены характерные преимущества осесимметричных клапанов. Выявлены основные особенности конструкции осесимметричного клапана на примере устройства со спиральным делителем потока, имеющим неравномерный винтовой шаг.*

***Ключевые слова:** конструкция, клапан, кавитация, делитель потока, спираль*

## DESIGN FEATURES OF THE AXISYMMETRIC VALVE

**D.E. Golubev, A.I. Ivanov, I.A. Stogov, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The characteristic advantages of axisymmetric valves are noted. The main features of the design of an axisymmetric valve are revealed on the example of a device with a spiral flow divider having an uneven helical pitch.*

***Keywords:** design, valve, cavitation, flow divider, spiral*

Применение регулирующих клапанов в конкретной области производства или добычи диктует конструктивные отличия данной трубопроводной арматуры от родственных устройств [1]. Отмечая множественные признаки клапанов, относящихся к регулирующему типу, следует выделить разновидность осесимметричных, как востребованных на неф-

теперерабатывающих предприятиях и в газовой промышленности. При этом предполагается выполнение двух действий: точного отсекания потока жидкости/газа или регулирования показателей этих течений [2, 3]. Перечислим основные преимущества осевых устройств данного назначения: 1) возможность сборки внутренних частей клапана через патрубок корпуса без дополнительного использования уплотнений (экономия ресурсов, сокращение числа уплотнительных соединений); 2) привод штока может быть маломощным даже при давлениях 40 МПа вследствие равномерных напряжений на корпусе (энергоэффективность); 3) шумовые эффекты и склонность к эрозии внутренних поверхностей менее выражены в сравнении с другими типами конструкций из-за однонаправленности течений рабочей среды (более эффективны методы борьбы с кавитационными последствиями); 4) достижение более значимых показателей пропускной способности, чем для других типов арматуры, и т.д. Рассмотрим основные конструктивные особенности осесимметричного клапана на примере устройства [4], предназначенного для повышения регулирующих свойств трубопроводной арматуры в условиях ее герметичности и подавления интенсивности кавитационных явлений. При этом привод реечного типа имеет соединение с запирающим органом, размещенным со спиральным делителем потока соосным способом. Данный запирающий орган выполнен в форме диска, края которого со стороны внутреннего корпуса скруглены. Винтовой шаг неравномерный и возрастает к выходному фланцу. Конструкция дополнена направляющим диском с рядом окон. Регулировка давления достигается за счет отмеченной неравномерности шага спирали, которая располагается внутри втулки цилиндрической формы.

Итак, организовано направленное движение рабочей жидкости между спиральными витками переменного шага с эффектом разделения на струи при прохождении через окна направляющего диска, что способствует обеспечению режима снижения кавитационных эффектов. Рост гидравлического сопротивления, необходимый для начальной фазы работы клапана при значительных перепадах давлений, обеспечивается частотой витков, которая уменьшается ближе к выходному отверстию клапана.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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](http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3069)

2. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
3. Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // *E3s Web of Conference*. 2020. V. 220. P. 01073.
4. Пат. 2683219 Российская Федерация, МПК F16K 1/12. Осевой клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Оpubл. 26.03.2019, Бюл. № 9.

## **КЛАПАН РЕГУЛИРУЮЩИЙ S-ОБРАЗНЫЙ: ПРЕИМУЩЕСТВА КОНСТРУКЦИИ**

**А.А. Дудко, Д.А. Назимова, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова**

Научные руководители – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент;  
**А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Отмечены особенности s-образной геометрии конструкций регулирующего оборудования. Показаны конструктивные решения дросселирования потоков рабочей жидкости на примере конструкции s-образного клапана с дополнительной полостью цилиндрической формы.*

***Ключевые слова:** конструкция, клапан, s-образная геометрия, плунжер, полая цилиндрическая насадка*

## **S-SHAPED CONTROL VALVE: DESIGN ADVANTAGES**

**A.A. Dudko, D.A. Nazimova, I.S. Gudanov, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The features of the s-shaped geometry of the structures of the control equipment are noted. The design solutions for throttling the flow of the working fluid are shown on the example of the design of an s-shaped valve with an additional hollow cylindrical nozzle.*

***Keywords:** design, valve, s-shaped geometry, plunger, hollow nozzle*

Проектирование регулирующих устройств напрямую зависит от выбора информационных переменных процесса дросселирования потоков рабочей среды [1, 2]. При этом особое внимание уделяется вопросам

предотвращения последствий кавитации и прогноза возможных рисков при выходе регулирующего оборудования из регламентного режима эксплуатации. Например, эффект дросселирования в проточной зоне клапана обеспечивается при помощи ряда цилиндрических насадок со сквозными окнами [3, 4]. Надежная герметизация корпуса и различных соединений трубопроводной системы может быть достигнута не только применением уплотнителей, но и рядом конструктивных решений.

Использование прямого варианта клапана при s-образной геометрии [5] для внутренней части арматурного оборудования относится к актуальному решению задач регулирования расхода рабочей жидкости. Отметим соответствующие особенности конструкции, которые позволяют выделить данную категорию клапанов, как перспективных устройств. В частности, имея такие традиционные элементы сборки регулирующей арматуры, как плунжер, седло, входной и выходной патрубок, крышку, набор уплотнителей, грязесъемник, конструкция [5] отличается от известных наличием дополнительных частей плунжера. К ним относятся: 1) полая насадка цилиндрической формы, которая имеет крепление с цилиндрическим выступом плунжера; 2) сквозные радиальные окна, расположенные рядами на указанной насадке в той ее части, для которой отсутствует контакт с боковой поверхностью цилиндрического выступа. Для седла выполнена кольцевая впадина, соответствующая размерам цилиндрической насадки для обеспечения высокой степени защиты от протечек. Таким образом, процесс дросселирования течений жидкости реализуется при прохождении среды через радиальные окна полой насадки цилиндрической формы, расположенными кольцевыми рядами, и выделении их данного потока множества струй.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проблеме выбора параметров процесса дросселирования потоков жидкости в регулирующей арматуре / В.С. Гаврилов, А.С. Викторов, А.А. Филаретов, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности» (Вологда, 11.12.2019). Вологда : ООО «Маркер», 2019. Ч. 1. С. 55-56.
2. К энергетическому анализу стадий образования кавитационного пузыря / Д.А. Назимова, А.А. Дудко, А.Ю. Бородулин, А.Б. Капранова // 74-я всеросс. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (21 апреля 2021 г.): сб. материалов конф.: В 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 120-121.

3. 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>
4. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / А.В. Капранова, А.Е. Lebedev<sup>S.V.</sup>, Neklyudov, А.М. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. March 2020. Vol. 8. P. 1-17.
5. Пат. 2727197 Российская Федерация, МПК F16K 1/42, F16K 3/24, F16K 47/04. Клапан регулирующий / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, И.С. Гуданов, А.Н. Калининская, А.Г. Викторов, Д.А. Щаднев. Опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ЗАПОРНОГО КЛАПАНА НА ПРИМЕРЕ УСТРОЙСТВА ПРЯМОТОЧНОГО ТИПА**

**К.С. Дунина, Н.С. Лашчевский, И.И. Чубко, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Выделена условная классификация запорных устройств для магистрали трубопроводов. Отмечены характерные преимущества осесимметричных клапанов. На примере прямоточного клапана рассмотрен способ достижения линейной расходной характеристики при его работе.*

***Ключевые слова:** конструкция, запорные устройства, клапан, делитель потока, способ перфорации*

## **CONSTRUCTION FEATURES OF A SHUT-OFF VALVE ON THE EXAMPLE OF A DIRECT-FLOW TYPE DEVICE**

**K.S. Dunina, N.S. Lashchevsky, I.I. Chubko, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*A conditional classification of locking devices for the main pipelines has been allocated. The characteristic advantages of axisymmetric valves are noted. On the example of a direct-flow valve, a method for achieving a linear flow characteristic during its operation is considered.*

***Keywords:** design, locking devices, valve, flow divider, perforation method*

Магистрали трубопроводов, имея множество назначений при решении задач как промышленного, так и бытового характера, включают запорную арматуру [1]. Однако функционально данный вид устройств не

означает только остановку рабочего потока в системе трубопровода, их назначение более широкое и предполагает, в том числе, регулирование скоростного параметра процесса транспортировки жидкости [2, 3]. Выделим известные типы запорных устройств, называемых иногда также запорно-регулирующими: 1) задвижной тип; 2) вентильный; 3) затворный; 4) шаровой кран; 5) обратный клапан. Последний из перечисленных типов предполагает закрытие течения рабочей среды в обратном направлении [4]. Это выполняется для защиты от последствий аварии на некотором участке оставшейся неповрежденной части магистрали трубопроводов вместе с соответствующим оборудованием.

Подверженность запорных клапанов явлению кавитации приводит к их разрушению и требует специальных конструктивных решений для предотвращения негативных эффектов. На примере прямооточного клапана [5] разберем возможный способ организации процесса дросселирования, как наиболее надежного антикавитационного метода. Прямоточность потока рабочей среды обеспечивается осевым корпусом, а разделение течения на множество течений – перфорированным цилиндрическим делителем. Перфорация выполнена в несколько рядов отверстий, при этом выделим основные особенности проектирования делителя потока: 1) эллиптическая форма отверстий; 2) расположение большей полуоси каждого эллипса вдоль продольной оси корпуса; 3) неравномерность расположения рядов отверстий; 4) возрастание промежутков между этими рядами в направлении движения потока жидкой среды; 5) переменность радиуса на внешних краях отверстий, которые скруглены. Предложенный способ перфорации обеспечивает линейную расходную характеристику при работе клапана с уменьшением гидродинамического сопротивления на конечной фазе открытия клапана.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev A.M. Melzer, S.V. Neklyudov, A.S. Brykalov // In monograph: Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control / Eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2_24)
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. 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. 2016. № 3(3). С. 488-494. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084>
4. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / А.В. Капранова, А.Е. Lebedev, S.V. Neklyudov, А.М. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17. Doi: 10.3389/fenrg.2020.00032
5. Пат. 2646986 Российская Федерация, МПКF16K1/12. Прямоточный регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 13.03.2018, Бюл. № 8.

**РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН С ДЕЛИТЕЛЕМ-ПРУЖИНОЙ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ**

**С.А. Жеребцов, О.В. Мишанин, Р.Г. Фазлетдинов,  
А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Выделена проблема борьбы с локальными давлениями на стенки проточной области клапана при кавитации. Описаны конструктивные особенности решения регулирования потоков жидкости в клапане с делителем-пружиной и осевым корпусом.*

***Ключевые слова:** кавитация, клапан, конструкция, жидкость, регулирование потоков, осевой корпус, делитель-пружина*

**CONTROL VALVE WITH A DIVIDER-SPRING:  
DEVELOPMENT FEATURES**

**S.A. Zherebtsov, O.V. Mishanin, R.G. Fazletdinov,  
A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The problem of dealing with local pressures on the walls of the flow area of the valve during cavitation is singled out. The design features of the solution for regulating fluid flows in a valve with a divider-spring and axial body are described.*

***Keywords:** cavitation, valve, design, liquid, flow control, axial body, divider-spring*

Поведение кавитационных пузырей в проточной области регулирующих клапанов претерпевает несколько стадий эволюции [1, 2]. Последняя из этих стадий приводит к схлопыванию пузырей с ударной волной, когда локальное давление на стенку достигает значений (5,0-7,0) ГПа. Противостояние таким эффектам с опасностью повреждения как внутренних поверхностей клапана, так и всего его корпуса, должно стать прогнозируемым и надежным [3, 4]. Конструктивное решение указанной проблемы, как правило, нацелено на снижение интенсивности формирования кавитационных пузырей и имеет характер дросселирования потоков рабочей среды.

Остановимся на особенностях конструкции регулирующей арматуры в случае проектирования осевого клапана с поворотным затвором [5]. К отличительным признакам данного арматурного устройства можно отнести: 1) осевой корпус; 2) исполнение делителя потока жидкости в виде пружины с винтовой навивкой вдоль цилиндрической образующей; 3) упор концов описанного делителя-пружины о поверхности двух кольцевых впадин – в цилиндрическом затворе (плунжере) и вблизи выходного отверстия потока (фланца); 4) прямоугольная форма поперечного сечения пружины, используемой в качестве делителя потока, при наличии выступа и треугольной впадины на обоих концах проволоки для указанного упора о поверхности кольцевых впадин.

Заметим, что наличие данных узлов «выступ-впадина» обеспечивает отсутствие расстояний между витками пружины-делителя при сжатии, оставляя возможность перекрытия основного потока жидкости протечками через витки пружины-делителя в случае ее растяжения.

Таким образом, представление сепаратора регулирующего клапана в виде пружины-делителя с узлами «выступ-впадина» решает задачу дросселирования жидкости при проходе через данное устройство.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О способах оценки критических параметров кавитации в регулирующих органах при транспортировании рабочих сред / А.Б. Капанова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Е.М. Серов // Фундам. исследования. 2016. № 3(3). С. 488-494. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084>
2. О влиянии пропускной способности осевого клапана на параметры стохастической модели кавитации / А.Б. Капанова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Российский химический журнал (Журнал химического общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62, № 4. С. 51-53.

3. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
4. The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer, S.V. Neklyudov, A.S. Brykalov // In monograph: *Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control* / Eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308.
5. Пат. 2681871 Российская Федерация, МПК F16K 1/12. Регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл.13.03.2019, Бюл. № 8.

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХПЛУНЖЕРНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА**

**А.И. Иванов, Д.Е. Голубев, В.А. Есипов, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Отмечены отличительные характеристики плунжера, как элемента широкого ряда гидравлических машин. Выявлены основные конструктивные особенности регулирующего двухплунжерного проходного клапана с цилиндрическим сепаратором.*

**Ключевые слова:** конструкция, клапан, кавитация, цилиндрический сепаратор, плунжер, пружина

## **DESIGN FEATURES OF THE TWO-PLUNGER CONTROL VALVE**

**A.I. Ivanov, D.E. Golubev, V.A. Esipov, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The distinctive characteristics of the plunger as an element of a wide range of hydraulic machines are noted. The main design features of a two-plunger control valve with a cylindrical separator are revealed.*

**Keywords:** design, valve, cavitation, cylindrical separator, plunger, spring

В конструкциях клапанов плунжер играет роль подвижного затвора и активно используется при работе арматурных устройств на высоких давлениях (до 200 МПа). Плунжер представляет собой цилиндрический поршень ( $R \ll L$ ) и является достаточно распространенным элементом

многих гидравлических машин, в том числе ДВС, насосов, клапанов и т.п. В отличие от применения поршней-насосов привычной формы работа плунжеров достаточно надежна даже при значительных давлениях. Это объясняется возможностью обработки внешней поверхности плунжера до высокой степени гладкости, что менее достижимо при необходимой шлифовке внутренней поверхности обычного поршня.

В случае регулирующих клапанов надежность их эксплуатационных свойств в антикавитационном режиме [1, 2] зависит от работы каждого элемента [3]. Для разделения общего течения рабочей жидкостной среды на мелкие течения используется один сепаратор или несколько ступеней сепараторов с окнами различных форм. Данный способ дросселирования актуален вследствие снижения степени турбулизации потоков среды.

Акцентируем внимание на особенностях конструкции регулирующего двухплунжерного проходного клапана [4], в том числе: 1) сепаратор-цилиндр с радиальными окнами служит для указанного дросселирования потоков жидкости; 2) запорное устройство имеет внешнюю и внутреннюю части; 2) внешняя обечайка-плунжер, как первая часть затвора, соответствует цилиндрическому профилю и перекрывает окна цилиндрического сепаратора, перемещаясь по его внешней поверхности; 3) внутренняя обечайка-плунжер, как вторая часть затвора, смещается внутри сепаратора и соединяется с пружиной на оси внешней обечайки-плунжера; 4) второй конец пружины закреплен в центре диска, который предотвращает протечку жидкости во внутренний корпус и имеет ограничитель-цилиндр для хода пружины; 5) перекрытие окон сепаратора осуществляется дважды за счет движения двух обечаек-плунжеров соответственно по внешней и внутренней поверхностям цилиндра-сепаратора. Таким образом, двухплунжерная система затвора проточной части клапана способствует повышению надежности его работы, что особенно ценно при экстремальных условиях эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // E3s Web of Conference 2020. V. 220. P. 01073. Published online 16 December 2020.
2. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems. 2020. Vol. 8. P. 1-17.

3. Основные принципы типологии в области конструкций трубопроводной арматуры / Д.Н. Тупин, Р.А. Салимджанов, А.Б. Капранова // 74-я всеросс. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (21 апреля 2021 г.): сб. материалов конф.: В 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 127-128.

4. Пат. 2716646 Российская Федерация, МПК F16K 1/12. Регулирующий двух-плунжерный проходной клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 13.03.2020, Бюл. № 8.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ОСЕВОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА**

**Л.С. Изумрудов, А.В. Сажин, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Отмечена проблема регламента пропускной способности клапана. Выделены особенности конструкции осевого клапана с позиций антикавитационного режима его работы и адаптации в условиях варьирования температуры рабочей среды.*

***Ключевые слова:** конструкция, осевой клапан, цилиндрический делитель потока, рабочая среда, температура*

## **FEATURES OF THE OPERATING PRINCIPLE OF THE AXIAL CONTROL VALVE**

**L.S. Izumrudov, A.V. Sazhin, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical and Mathematical  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The problem of valve throughput regulation was noted. The design features of the axial valve are highlighted from the standpoint of the anti-cavitation mode of its operation and adaptation under conditions of varying temperature of the working medium.*

***Keywords:** design, axial valve, cylindrical flow divider, working medium, temperature*

Обеспечение заданной пропускной способности трубопроводной арматуры является основным показателем ее работы на магистрали [1-3]. Данная характеристика имеет функциональную связь с расходом рабочей жидкостной среды и градиентом давлений, но относится к категории конструктивных показателей вследствие того, что в общем случае не зависит от этого расхода. Решение проблемы регламента пропускной способности клапана тесно связано с предотвращением его эрозийного износа из-за воздействия кавитации [4], в том числе, при варьировании температуры рабочей среды от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+225^{\circ}\text{C}$ .

Предлагается конструктивный способ борьбы с явлением кавитации в регулирующем клапане осевого типа [5] за счет применения принципа разделения течения рабочего потока на множество мелких струй при установке перфорированного цилиндра во внутренней части клапана. Кроме того, эксплуатация осевого клапана [5] предполагает устойчивый режим работы в отношении температурного фактора при значительных перепадах. В частности, во избежание заклинивания затвора вследствие возможных деформаций конструктивных частей предлагается: 1) смещение узла «шток-цилиндрическая направляющая» вдоль горизонтальной оси клапана при соединении штока с поршнем; 2) переменный (цилиндро-конический) профиль внешней поверхности для горизонтальной направляющей штока; 3) наличие зазора между вертикальными опорной втулкой и рейкой, связанной с описанным штоком; 4) прямоугольная форма зубцов реечного механизма; 5) соответствие расчетной глубины для расстояний между зубцами радиусу штока.

Таким образом, указанные особенности конструкции осевого клапана позволяют адаптировать работу данного устройства для целевого назначения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сажин А.В.* К анализу пропускной способности основного узла регулирующего клапана / *А.В. Сажин, Д.А. Щаднев, А.Б. Капранова* // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании – МНПК-264» (Тюмень, 14.12.2019). Стерлитамак: АМИ, 2019. С. 179-182.
2. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / *A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer* // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.

3. The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer, S.V. Neklyudov, A.S. Brykalov // In monograph: Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control / Eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308.
4. 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>
5. Пат. 2727203 Российская Федерация, МПК F16K 1/42. Регулирующий клапан осевого типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, А.С. Брыкалов. Опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА**

**Н.С. Лашевский, К.С. Дунина, О.И. Верлока, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Описаны направления функционального назначения регулирующих клапанов на магистрали трубопроводов. Выделены наиболее значимые особенности конструкции запорно-регулирующего клапана осесимметричного типа.*

***Ключевые слова:** конструкция, запорно-регулирующий клапан, сепаратор, затвор-обечайка*

## **CONSTRUCTION FEATURES OF AXISYMMETRIC CONTROL VALVE**

**N.S. Lashchevsky, K.S. Dunina, O.I. Verloka, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The directions of the functional purpose of control valves on the main pipelines are described. The most significant features of the design of an axisymmetric shut-off and control valve are highlighted.*

***Keywords:** design, shut-off and control valve, separator, shutter-shell*

Регулирующие клапаны для магистрали трубопроводом имеют несколько направлений функционального назначения [1, 2]. В частности, данные устройства служат для обеспечения: 1) сохранения заданного уровня давления в системе; 2) устранения противодвижения потока рабочей среды; 3) профилактики превышения регламентного перепада давле-

ний; 4) разделения течений жидкости или газа; 5) смешения описанных потоков и т.д. В зависимости от выполняемых функций клапана происходит его проектирование [3, 4]. Акцент на запорных свойствах данной арматуры делается в аварийном случае, когда требуется отсечь поврежденный участок трубопровода.

Рассмотрим наиболее значимые особенности конструкции запорно-регулирующего клапана [5], который относится к категории осесимметричных. В том числе выделим наличие: 1) цилиндрического сепаратора с радиальными отверстиями на поверхности и глухой стенкой-диском на одном торце; 2) затвора-обечайки с цилиндро-конической поверхностью; 3) радиальных перегородок на цилиндрическом участке затвора-обечайки; 4) соединения описанных радиальных перегородок с рейкой механизма затвора; 5) двух конических впадин - на торце внутреннего корпуса клапана и на внутренней поверхности его внешнего корпуса – в обоих вариантах на выходе потока жидкости; 6) равенства углов конусности для указанной выше первой впадины и конического участка затвора-обечайки; 7) равенства радиуса второй впадины и максимального значения радиуса конической части затвора-обечайки; 8) карманов в выходном патрубке с шарнирно установленными лопатками.

Таким образом, высокая степень защиты от протечек во внутреннюю часть корпуса клапана обеспечивается плотными контактами указанных впадин и конической части затвора-обечайки в различной степени открытия сепаратора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Окрепилов Н.В.* К анализу критических параметров гидродинамической кавитации для регулирующих клапанов трубопроводов / Н.В. Окрепилов, С.А. Солопов, А.Б. Капанова // 69–я Всеросс. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (20 апреля 2016 г.): сб. материалов конф. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 477-479.
2. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капанова, 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. The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / А.В. Капанова, А.Е. Лебедев А.М. Melzer, S.V. Neklyudov, A.S. Brykalov // *In monograph: Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control*

- / Eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2_24)
4. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
5. Пат. 2702017 Российская Федерация, МПК F16K 1/00. Запорно-регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 03.10.2019, Бюл. № 28.

## **КЛАПАН ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЙ S-ОБРАЗНЫЙ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ**

**О.В. Мишанин, С.А. Жеребцов, Р.Г. Фазлетдинов,  
А.А. Лешанов, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Выделены основные последствия гидродинамической и акустической кавитации. Выявлен один из эффективных способов дросселирования потоков рабочей жидкости с помощью ступенчатого плунжера с дополнительными коаксиальными обечайками в регулирующей арматуре.*

**Ключевые слова:** конструкция, регулирующая арматура, клапан, ступенчатый плунжер, коаксиальные обечайки, кавитация

## **SHUT-OFF AND CONTROL VALVE S-SHAPED: DEVELOPMENT FEATURES**

**O.V. Mishanin, S.A. Zherebtsov, R.G. Fazletdinov, A.A. Leshanov,  
A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The main consequences of hydrodynamic and acoustic cavitation are highlighted. One of the effective methods for throttling the flow of the working fluid using a stepped plunger with additional coaxial shells in the control valve has been identified.*

**Keywords:** design, control valves, valve, stepped plunger, coaxial shells, cavitation

Последствия кавитационных эффектов, как гидродинамические, так и акустические, наблюдающиеся в процессе регулирования потоков жидкости в проточной части трубопроводной арматуры, носят крайне негативный характер [1]. В частности, эрозийные повреждения, акустические волновые явления приводят к нарушениям износостойкости, герметичности, шумоизоляции данного оборудования и влияют на экологию [2]. Отражением борьбы с кавитацией в регулирующих клапанах является разработка соответствующих антикавитационных конструкций с дросселированием потоков жидких рабочих сред [3, 4]. Рассмотрим на конкретном примере [5] конструктивный способ снижения интенсивности образования кавитационных пузырей за счет применения ступенчатого плунжера с соосными с ним дополнительными коаксиальными обечайками. Отметим несколько основных особенностей конструкций данных обечайек, имеющих: 1) сквозные отверстия; 2) усеченную конусную форму с полыми внутренними частями; 3) неравномерную высоту, которая возрастает при переходе от внешнего ряда оболочек к внутреннему; 4) не равное радиальное расстояние между этими рядами, когда установка данных рядов учащается от внутреннего к внешнему ряду. Применение таких конструктивных решений объясняется необходимостью размещения описанных дополнительных делителей потоков жидкости в зоне их течения с максимальной скоростью на первом этапе открытия ступенчатого плунжера (одного из двух затворов клапана). Именно на этом этапе наблюдается наибольшая вероятность образования кавитационных пузырей в проточной части трубопроводной арматуры. Переменная высота обечайек позволяет снизить значения гидравлического сопротивления, а их форма в виде усеченных конусов не позволяет полученным разделенным потокам объединиться сразу после истечения из проходных отверстий в обечайках. Разделение потока жидкости при открытии клапана препятствует высокой интенсивности кавитации.

## 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*. 2016. № 4(1). 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*. 2016. № 3(3). С. 488-494. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084>

3. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
4. *Kapranova A.B.* Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // *E3s Web of Conference*. 2020. V. 220. P. 01073. Published online 16 December 2020.
5. Пат. 2753625 Российская Федерация, МПК F16K 49/00. Регулирующий двух-плунжерный клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.С. Гуданов, М.Ю. Лупанова, Е.А. Белова, А.А. Ехалова. Опубл. 18.08.2021, Бюл. № 23.

## **КЛАПАН С ВНЕШНИМ ЗАПИРАЮЩИМ ОРГАНОМ: ПРЕИМУЩЕСТВА КОНСТРУКЦИИ**

**Д.А. Назимова, И.А. Стогов, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова**

Научные руководители – **И.С. Гуданов**, канд. техн. наук, доцент;  
**А.Б. Капранова**, д-р физ.-мат. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Отмечена проблема совершенствования способов антикавитационного проектирования регулирующих клапанов. Выделены основные преимущества работы прямого клапана с внешним запирающим органом и особенности его конструкции.*

**Ключевые слова:** конструкция, прямооточный клапан, сепаратор, внешняя обечайка-затвор

## **VALVE WITH EXTERNAL CLOSING BODY: DESIGN ADVANTAGES**

**D.A. Nazimova, I.A. Stogov, I.S. Gudanov, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **I.S. Gudanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The problem of improving the methods of anti-cavitation design of control valves is noted. The main advantages of the operation of a direct-flow valve with an external locking body and the features of its design are highlighted.*

**Keywords:** design, direct-flow valve, separator, outer shell-shutter

Проблема вывода образующихся кавитационных пузырей [1, 2] из зон, пограничных с поверхностями проточной области клапана, связана с конструктивными решениями в области совершенствования способов

антикавитационного проектирования [3] регулирующей арматуры. Достижение эффекта управления течениями данных пузырей может осуществляться с помощью установки сепараторов с радиальными каналами или окнами [3, 4].

Обратимся к преимуществам конструкции прямоточного клапана [5], предназначенного для выполнения функций ограничения потоков жидкости и регулирования режимных параметров данных течений. Выделим три основных приоритета: 1) простоту указанного конструктивного решения, когда запорная часть устройства выполнена в виде внешней обечайки для цилиндрического сепаратора; 2) освобождение привода от дополнительных нагрузок при установке радиальных перегородок на цилиндрическом участке обечайки; 3) достижение эффекта разделения потока жидкости при сепарации. К особенностям устройства можно отнести следующие: 1) радиальные окна на цилиндрической поверхности сепаратора; 2) цилиндро-криволинейная форма внешней обечайки-затвора для данного сепаратора; 2) наличие каналов-ручьев в криволинейной части указанной обечайки; 3) совпадение числа радиальных окон сепаратора и числа указанных каналов-ручьев затвора; 4) неравномерные значения ширины и глубины каналов-ручьев с увеличением их диаметра и длины от периферии к краю обечайки; 5) параллельность осей каналов-ручьев и продольной оси проектируемого регулирующего клапана.

Таким образом, предложенный способ дросселирования течений рабочей жидкости предотвращает эрозию поверхностей проточной области при использовании внешней обечайки-затвора в узле «сепаратор-затвор».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К энергетическому анализу стадий образования кавитационного пузыря / Д.А. Назимова, А.А. Дудко, А.Ю. Бородулин, А.Б. Капранова // 74-я всеросс. науч.-техн. конф. ЯГТУ студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (21 апреля 2021 г.): сб. материалов конф.: В 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 120-121.
2. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
3. Куликов Н.В. Основные тенденции в развитии регулирующей арматуры ведущих зарубежных производителей / Н.В. Куликов, В.А. Тихомиров, А.Б. Капранова // 73-я всеросс. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с ме-

ждународным участием (20 апреля 2020 г.): сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 91-93.

4. 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>

5. Пат. 2645103 Российская Федерация, МПК F16K 1/12, F16K 47/02. Прямоточный клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, В.С. Неклюдов, Е.М. Серов. Оpubл. 15.02.2018, Бюл. № 5.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПА РАБОТЫ S-ОБРАЗНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА**

**А.В. Сажин, Л.С. Изумрудов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Выделены типы прямооточных клапанов. Отмечены конструктивные особенности регулирующего двухплунжерного проходного клапана, относящегося к подкатегории s-образных и имеющего возможность регулирования расхода жидкости в расширенных диапазонах.*

***Ключевые слова:** конструкция, s-образный клапан, двойной соосный плунжер, жидкость, регулирование расхода*

## **FEATURES OF THE OPERATING PRINCIPLE OF THE S-SHAPED CONTROL VALVE**

**A.V. Sazhin, L.S. Izumrudov, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The types of direct flow valves are distinguished. The design features of the control two-plunger through valve, belonging to the subcategory of s-shaped and having the ability to control the fluid flow in extended ranges, are noted.*

***Keywords:** design, s-valve, dual inline plug, liquid, flow control*

Широкое использование регулирующей арматуры для потребностей нефтедобычи и нефтепереработки приводит к разнообразию видов конструкций в зависимости от конкретного целевого назначения [1].

Контроль эффекта кавитации является одной из основных задач проектирования указанных устройств [2, 3]. Разделяя регулирующие клапаны по критерию геометрии корпуса на четыре основные категории [4], остановимся на прямоточных, которые, в свою очередь, разбиваются на осевые и s-образные. Для последних характерно наличие седла с уплотнением на границе контакта с сепаратором, необходимым для осуществления дроселирования потоков жидкости.

Выделим конструктивные особенности регулирующего двухплунжерного проходного клапана [5], относящегося к подкатегории s-образных: 1) присутствие двух соосных плунжеров (внешнего и внутреннего), расположенных один в другом; 2) цилиндро-коническая форма внешнего плунжера, который посредством втулки закреплен на штоке; 3) наличие конической насадки в верхней части диска-разделителя для внешнего плунжера на конический и цилиндрический участки, а также отверстия в центре этого диска и фаски в его нижней части; 4) установление двух внутренних цилиндрических полостей (верхней и нижней) для внешнего плунжера, причем нижняя полость имеет меньший диаметр и конический переход на коническую насадку диска-разделителя; 5) стыковка отверстий сепаратора и верхней цилиндрической полости внешнего плунжера; 6) равенство углов конусности для седлового отверстия и для конической части внешнего плунжера; 7) крепление внутреннего плунжера в нижнем конце штока в верхней цилиндрической полости внешнего плунжера и т.д.

Итак, расширение диапазона регулирования расхода рабочей среды обеспечивается присутствием внутреннего плунжера. В частности, на первом этапе работы клапана при неподвижном внешнем плунжере при перемещении вверх внутреннего плунжера наблюдается протекание жидкой среды только сквозь отверстие в центре диска-разделителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. 2020. Vol. 8. P. 1-17.
2. *Тупин Д.Н.* Основные принципы типологии в области конструкций трубопроводной арматуры / Д.Н. Тупин, Р.А. Салимджанов, А.Б. Капанова // 74-я все-росс. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (21 апреля 2021 г.): сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 127-128.

3. 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>
4. Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / А.В. Капранова, А.Е. Lebedev, А.М. Melzer // *E3s Web of Conference*. 2020. V. 220. P. 01073. Published online 16 December 2020.
5. Пат. 2727288 Российская Федерация, МПК F16K 1/42. Регулирующий двух-плунжерный проходной клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, А.С. Брыкалов. Опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.

УДК 621.6.04

## **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СМЕШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

**Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Описаны основные этапы моделирования процесса смешения полимерных компонентов в разреженных потоках при взаимодействии с упругими элементами распылителя.*

***Ключевые слова:** полимерные компоненты, смешение, сыпучая смесь, моделирование*

## **THE MAIN STAGES OF MODELING THE MIXING OF POLYMER COMPONENTS**

**D.V. Stenko, D.D. Bakhaeva, D.V. Fedorova, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The main stages of modeling the process of mixing polymer components in rarified flows in interaction with elastic elements of the sprayer are described.*

***Keywords:** polymer components, mixing, free-flowing mixture, modeling*

Пластмасса является относительно молодым типом материала, который применяется в промышленных масштабах немногим более ста лет. Благодаря разнообразию характеристик полимерной продукции, номенклатура выпускаемых изделий из пластмасс относится к наиболее многофакторной среди других конструкционных материалов. Возможное смешение различных полимерных компонентов позволяет создавать изделия

с термостойкостью до 500 °С и механическими свойствами, близкими к свойствам металлов. Важным этапом при производстве пластиковых изделий является предварительная подготовка смеси полимерных материалов. В частности, подготовительный этап включает дозирование и смешение полимерных гранул с красителями или вторично переработанными компонентами. Соотношение долей смешиваемых полимерных сред определяется регламентом на конкретное изделие и достигает значений 1:10 и более.

Смешивание полимерных частиц является частным случаем смешения сыпучих материалов, для которого также могут появляться различные нежелательные эффекты, в частности, сегрегация или агломерация. Для снижения влияния последних на качество смеси предлагается смешивать частицы в разреженных потоках [2]. Проектирование смесительного оборудования базируется на системно-структурном анализе процесса. При этом развитие теоретических основ смешения предполагает моделирование соответствующей технологической операции с выходом на контроль качества готовой продукции.

Выделим основные этапы теоретического исследования процесса смешения первичных и вторичных полимерных компонентов в рабочей камере, в которой происходит пересечение разреженных потоков различными способами. Например, указанные потоки могут иметь один источник и быть сонаправленными или несколько источников с перекрестными направлениями движения. В зависимости от того, какой способ смешения реализуется, производится выбор метода построения модели, в основном вероятностной вследствие характера движения частиц компонентов. В частности, к условным этапам указанного исследования относятся: разделение смешения на характерные стадии; описание множества параметров процесса; выбор метода описания процесса; формирование модели в зависимости от набора характеристик процесса и свойств компонентов; выявление значимых факторов из числа информационных переменных; выбор критерия качества смеси; применение результатов моделирования к прогнозу данного критерия и интегральных показателей процесса для последующего расчета рациональных диапазонов в рамках разработки соответствующей инженерной методики.

Существуют различные стохастические подходы к моделированию процесса смешения сыпучих материалов [1], в том числе энергетический метод, описанный Ю.Л. Климонтовичем [2]. К основным преимуществам этого метода относится возможность получения аналитического представления распределений компонентов по выделенному пара-

метру с учетом физических свойств компонентов и основных факторов, влияющих на процесс смешения. Энергетический метод неоднократно апробирован, например, при проектировании смесителей гравитационного типа с ударно-распылительными элементами [3].

Начальные условия процесса смешения полимерных компонентов определяются набором информационных параметров [4], которые можно разделить на входные, выходные, режимные и конструктивные. Обозначенные параметры включают в себя характеристики и свойства смешиваемых материалов, конструктивные особенности применяемого аппарата и значения значимых показателей, определяющих качество получаемой смеси. После описания информационных переменных производится задание ограничений с учетом особенностей процесса.

Конкретизируем допущения модели на стадии формирования разреженных потоков упругими элементами распылителя. При смешении полимерных компонентов в сонаправленных разреженных потоках такими особенностями являются [5]: 1) отличная от сферической форма частиц; 2) отсутствие столкновений частиц в момент их отрыва от поверхности упругого элемента. Для описания движения деформируемых упругих элементов распылителя используется уравнение Архимеда в полярной системе координат. На основании стационарного решения уравнения Фоккера-Планка, описывающего состояния энергетически открытых макросистем компонентов, наблюдается экспоненциальная зависимость уменьшения числа частиц в выбранном элементарном фазовом объеме. В результате становится возможным определение аналитического вида дифференциальных функций распределения числа частиц по углу разбрасывания: 1) заданным упругим элементом при его деформации; 2) набором упругих элементов распылителя. Итак, в результате применения описанного стохастического подхода выявляются наиболее значимые параметры, влияющие на качество получаемой смеси, и осуществляется переход к описанию следующей стадии смешения с последующим расчетом доли ключевого компонента в готовой смеси.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капанова А.Б. Стохастическое описание процесса формирования потоков сыпучих компонентов в аппаратах со щеточными элементами / А.Б. Капанова, 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. Distribution of the components of the building mixture in the presence of secondary raw materials during rotary mixing / A. Kapranova, D. Bahaeva, D. Stenko, A. Vatagin, A. Lebedev, D. Lichak // E3s Web of Conference. 2020. V. 220. P. 01060.
4. Анализ получения дисперсной смеси с вторичным сырьем для киберфизической поддержки рециклинга / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева и др. // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 12. С. 26-32.
5. Стохастический анализ ротационного смешения полимерных компонентов в рамках рециклинга и развития технологий 3D-печати / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Е. Лебедев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. V. 57, no. 11. P. 16–21.

**СМЕСИТЕЛЬ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА: ОСОБЕННОСТИ  
РАЗРАБОТКИ**

**Д.В. Федорова, А.В. Ермолов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается параметрическое проектирование центробежного смесителя зернистых сред с вторичным сырьем на базе средств и методов САПР.*

***Ключевые слова:** процесс, смешение, центробежный аппарат, 3D-модель, вторичное сырье*

**MIXER OF GRANULAR MATERIALS OF CENTRIFUGAL  
TYPE: DEVELOPMENT FEATURES**

**D.V. Fedorova, A.V. Ermolov, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova**

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor; **A.B. Kapranova**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

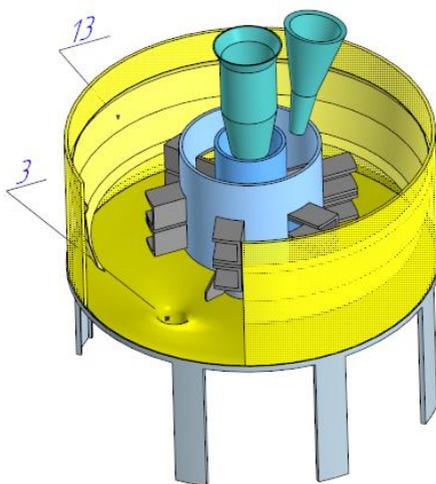
*Parametric design of a centrifugal mixer of granular media with secondary raw materials based on CAD tools and methods is considered.*

***Keywords:** process, mixing, centrifugal apparatus, 3D model, secondary raw materials*

В настоящее время ведется активное увеличение количества техногенных отходов и ужесточение регламентов в отношении экологической защиты производственных процессов с применением вторичных

продуктов [1, 2]. Как следствие данной проблемы возникает потребность в создании смесительного оборудования по переработке зернистых сред, в том числе вторичных. Кроме того, разработка новых материалов на основе вторично используемого сырья определяют потребность в проектировании нового оборудования для решения конкретных целей промышленных производств, в частности, смесителей различных типов для получения смесей из зернистых компонентов [1, 2]. Заметим, что операция смешения может иметь многообразный функциональный характер, выполняя как основную производственную задачу, так и вспомогательную в цепочке этапов по переработке дисперсных систем [3].

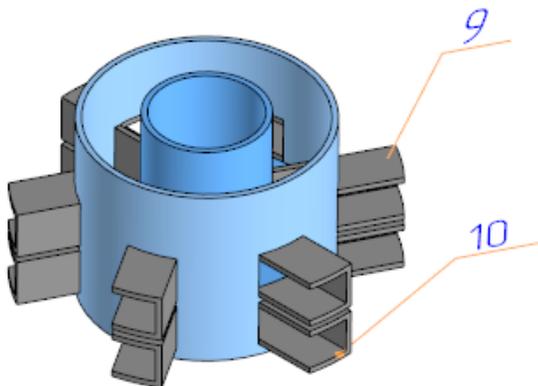
С использованием средств и методов САПР [4] разработана конструкция центробежного смесителя зернистых сред [5] с вторичным сырьем (рис. 1).



**Рис. 1. 3D-модель (в разрезе) конструкции центробежного смесителя зернистых сред**

Агрегат для смешения сыпучих материалов [5] включает в себя корпус, устройства загрузки и выгрузки, вал, расположенный в корпусе с приводом вращательного движения и отбойник. На валу установлена цилиндрическая насадка (рис. 2) с кольцевой камерой, связанной с устройством загрузки одного из компонентов, и коаксиально расположенную внутреннюю цилиндрическую камеру, связанную с устройством загрузки другого компонента.

Распылительные каналы, расположенные в горизонтальной плоскости каждой из камер, крепятся к внешней боковой поверхности цилиндрической насадки. Каналы имеют прямоугольную форму (см. рис. 2). Отбойник устройства смешения оснащен устройством вертикального перемещения и состоит из набора конических поверхностей с увеличивающимся углом конусности. При этом один компонент распыляется прямоугольными лопастями 9, а другой прямоугольными лопастями 10. Формирование смеси осуществляется разреженными потоками, проникающими друг в друга. Далее сформированная смесь отражается от отбойника 13 и направляется к устройству выгрузки 3 (см. рис. 1).



**Рис. 2. Смесительная насадка**

Таким образом, смоделированный смеситель с использованием параметризации при выборе информационных переменных позволяет, например, провести предварительный анализ выбора диапазонов изменения конструктивных параметров целостного аппарата или его узлов и т.п., а также условий процесса смешения при изменении параметров установки отбойных поверхностей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стохастический анализ ротационного смешения полимерных компонентов в рамках рециклинга и развития технологий 3D-печати / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Е. Лебедев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. № 11. С. 16–21.

2. Анализ получения дисперсной смеси с вторичным сырьем для киберфизической поддержки рециклинга / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Е. Лебедев // Математические методы в технологиях и технике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2021. Т. 12. С. 26-32.
3. Аппараты для переработки дисперсных сред. Теория и расчет. Монография / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.Б. Капранова, А.А. Ватагин, С. Суид. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. 176 с.
4. Применение САПР при разработке центробежного аппарата для смешения сыпучих материалов с вторичным сырьем / Д.В. Федорова, Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, А.Б. Капранова // Математические методы в технологиях и технике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2021. Т. 11. С. 59-62.
5. Пат. 2757814 Российская Федерация, В01F 7/8, В01/04 Агрегат для смешения сыпучих материалов / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, Д.В. Федорова. Опубл. 21.10.2021, Бюл. № 30.

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК АКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

**Н.В. Куликов, Д.С. Долгин, И.С. Гуданов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Обобщен и проанализирован опыт эксплуатации и создания конструкций печных реакторов для выработки техуглерода. Предложена разработка новой конструкции реактора для получения высококачественного техуглерода с обоснованием размеров функциональных зона.*

***Ключевые слова:** реактор, техуглерод, пиролиз, форсунки, горелки*

## **DEVELOPMENT OF A FURNACE REACTOR DESIGN FOR THE PRODUCTION OF HIGH-QUALITY GRADES OF ACTIVE CARBON BLACK**

**N.V. Kulikov, D.S. Dolgin, I.S. Gudanov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The experience of operation and creation of furnace reactor designs for the production of carbon black is summarized and analyzed. The development of a new reactor design for the production of high-quality carbon with justification of the size of the functional zones is proposed.*

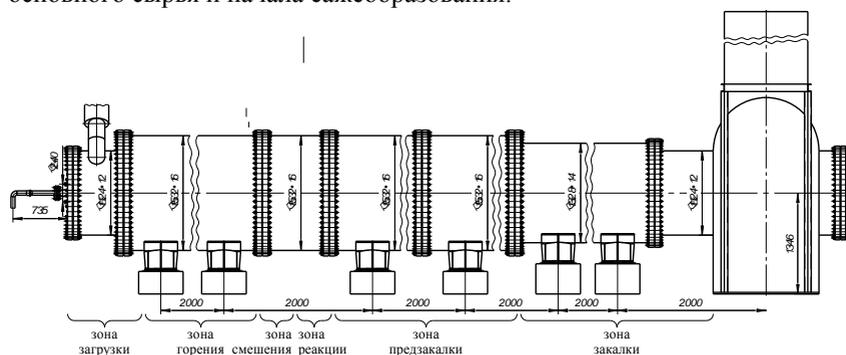
***Keywords:** reactor, carbon black, pyrolysis, nozzles, burners*

Технический углерод – высокотехнологичный продукт основного органического синтеза, представляющий собой высокодисперсное порошкообразное вещество чёрного цвета. Обладая набором специфических свойств: прочность, жёсткость, износостойкость, находит своё применение в шинном производстве как усилитель вулканизатов. Доля техуглерода в резиновых смесях в зависимости от назначения может дости-

гать 55%. Полученные из них профильные погонажные изделия обладают повышенным ресурсом ходимости, что гарантирует высокую конкурентоспособность на рынке полимерной продукции.

В настоящее время около 80% всего технического углерода вырабатываются печным способом. Имеются также и другие технологии: ламповый, каналный, термический способы. Однако лишь печной процесс обладает наибольшей универсальностью по сырью, многочисленными возможностями управления и гарантирует наиболее высокое качество продукта.

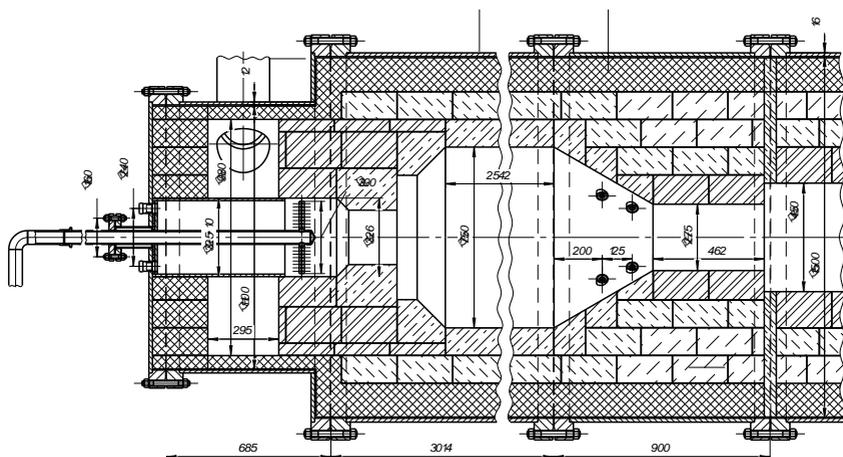
Основным оборудованием печного процесса выработки техуглерода является высокотемпературный реактор проточного типа. Последний представляет собой горизонтальный стальной сварной цилиндрический аппарат, внутренне пространство которого оформлено несколькими слоями футеровочных материалов. Именно футеровка является главным и наиболее дорогостоящим элементом конструкции реактора. Высокая рабочая температура, достигающая 1850 °С, заставляет использовать для футеровки помимо традиционных шамота, муллита и динаса, еще и корунд, карборунд и даже цирконий. Футеровка может быть выполнена монолитной, из набивных масс или стандартных фасонных огнеупоров. Опыт эксплуатации печных реакторов отечественной промышленностью показал целесообразность использования комбинированной футеровки. Рабочее пространство реактора, ограниченное футеровкой, включает в себя несколько последовательно расположенных функциональных зон: загрузки, горения, смешения, реакции, предзакалки и закалки (рис. 1). В них происходит полное сжигание топлива и части вспомогательного сырья с целью генерации тепла, достаточного для термического разложения основного сырья и начала сажеобразования.



**Рис. 1. Новая конструкция печного реактора для получения активных марок технического углерода**

Отечественный опыт последних межремонтных пробегов выявил недочеты в конструкциях существующих печных реакторов. Выпуск более качественных марок техуглерода потребовал температурного ужесточения процесса, что несомненно отразилось на долговечности конструкции реактора. Для повышения его надёжности в рамках данной НИРС была предложена новая комбинация футеровочных материалов.

Следующим этапом исследования стала корректировка размеров основных функциональных зон. В частности, продолжительность зоны горения была увеличена с 2,2 до 2,5 м, что обеспечило требуемую глубину сгорания топливно-сырьевой смеси. Для увеличения турбулизации потока раскалённых газов зона смешения стала представлять коническую втулку, где сырьевые форсунки распределяются радиально в два ряда. Система защищённого ввода и высокие скорости потока позволили отказаться от дорогостоящих ультразвуковых пневматических форсунок в пользу более простых и дешёвых механических распылителей. Для создания более плотного и кратковременного контакта ( $\sim 0,001$  с) зона реакции представлена циркониевой втулкой  $\varnothing 275$  мм (рис. 2).



**Рис. 2. Зоны загрузки, горения, смешения и реакции**

Ещё одним из нововведений стало использование одноступенчатого воздухоподогревателя, охлаждающего аэрозоль начиная с  $950$  °С. Это не только повысило температуру в зоне горения, но и позволило несколько снизить долю вспомогательного сырья в качестве топлива с  $7,5$  до  $6\%$ . Для придания сажевым частицам дополнительных прочностных зон увеличена длина зон закалки и предзакалки до  $3,5$  и  $4$  м соответственно.

Таким образом, в предлагаемой конструкции печного реактора предлагается достижение как технологического, так и экономического эффекта. Несмотря на высокую стоимость применённых огнеупоров они быстро окупаются и оправдывают себя повышенной надёжностью всей конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зуев В.П.* Производство сажи: Учебник для нефтехимических техникумов / В.П. Зуев, В.В. Михайлов. М.: Химия, 1970. 318 с.
2. *Ивановский В.И.* Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. Омск: ОАО «Техуглерод», 2004. 228 с.
3. *Орлов В.Ю.* Производство и использование технического углерода для резин / В.Ю. Орлов, А.М. Комаров, Л.А. Ляпина. Ярославль: Изд-во Александр Рутман, 2002. 512 с.

## ПОДБОР РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

**Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается проблема образования смесей, однородных по составу. Рассматривается процесс смешения сыпучих материалов, двухкомпонентных смесей. Предложена новая конструкция рабочего органа и смесителя, сделан вывод о целесообразности его применения.*

***Ключевые слова:** сыпучие материалы, смеситель, рабочий орган, смешение, управление потоками*

## SELECTION OF A WORKING BODY FOR MIXING BULK MATERIALS

**D.V. Lebedev, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the problem of the formation of mixtures that are homogeneous in composition. The process of mixing bulk materials, two-component mixtures is considered. A new design of the working body and mixer is proposed, a conclusion is made about the expediency of its use.*

***Keywords:** bulk materials, mixer, working body, mixing, flow control*

Смеси материалов используются во многих сферах промышленности. Они могут отличаться по физико-химическому составу, в зависимости от области применения, например, в химической промышленности, производстве строительных материалов, агропромышленном комплексе. Одной из актуальных задач приготовления смесей является повышение однородности получаемого состава. На однородность могут оказывать влияние различные факторы.

Проблемы с однородностью смесей начинаются, когда рассматриваются структуры больших объёмов [1]. Обычно такие смеси бывают сегрегированными или имеют склонность к сегрегации, что затрудняет работу с ними, изучение структуры и её характеристик. Сегрегация проявляется, когда распределение частиц сыпучего материала в рамках рассматриваемого слоя зависит от параметров частиц, например, размера и плотности. В этих условиях смесь разделяется на определённые группы или участки в зависимости от свойств и характеристик перемешиваемых материалов.

Если рассматривать такое распределение в рамках однородного материала с идентичными по размеру частицами, то можно сделать вывод о минимальном влиянии сегрегации на рассматриваемый материал. Однако такие идеальные параметры в реальном производственном процессе маловероятны даже в рамках однокомпонентного сыпучего материала и ещё реже встречаются при рассмотрении двух и более компонентных смесей.

Таким образом, подобное распределение частиц по объёму всей смеси фактически ведёт к разделению компонентов и частиц, что снижает показатели однородности сыпучего материала и смеси – основной её качественной характеристики. Возникать данное явление может как в процессе приготовления смеси, так и при её выгрузке, транспортировке и даже хранении.

Авторы настоящей статьи исследуют вопрос смешения сыпучих материалов, склонных к сегрегации. При этом известны распространённые в промышленности способы борьбы с сегрегацией, основанных на базовых принципах смешивания.

Большинство промышленных смесителей можно обобщённо разделить на следующие категории [2]:

- Барабанные смесители (простые, V-образные, двухконусные и т.д.);
- Миксеры:
  - Лопастные и плужные;
  - Ленточные (вертикальные и горизонтальные);
  - Шнековые (вертикальные, горизонтальные и планетарные)
  - Сигма-лопастные и Z-лопастные;
  - Смеситель Форберга;
- Гравитационные бункерные смесители;
- Пневматические смесители;
- Высокоинтенсивные смесители:
  - Смеситель Хеншеля;

- Лопастной смеситель;
- Смесители тесного контакта или смесители с большими сдвиговыми усилиями:
  - Бегунковый (роликовый) смеситель;
  - Уплотнительные катки.

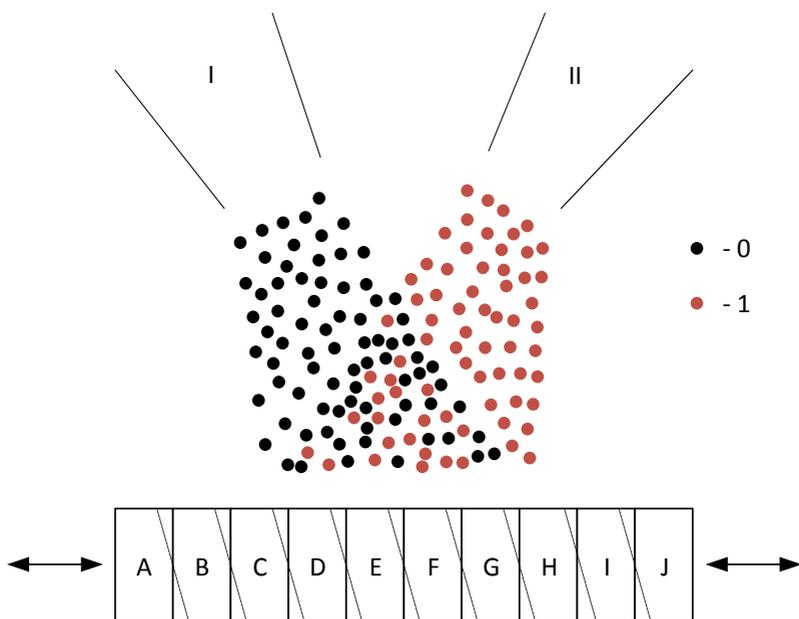
Среди перечисленных видов смесителей есть аппараты гравитационного и принудительного действия с различными конструкциями и принципами действия рабочих органов. Тем не менее можно проследить тенденцию применения либо рабочих органов вращательного действия, либо смесителей гравитационного типа.

Как правило, смесители принудительного действия, где приготовление смеси осуществляется перемещением рабочего органа, имеют более высокие характеристики смешивания. Однако за счёт взаимодействия рабочего органа с большими объёмами материала или работе непосредственно внутри таковых объёмов данные аппараты характеризуются большим энергопотреблением. Напротив, аппараты гравитационного действия лишены этого недостатка, при этом они требуют большой точности дозирования и пригодны лишь для материалов с определёнными физико-механическими свойствами, в силу определённого типа конструкций (бункеров, труб, желобов, разделителей, насадок и т.д.).

В качестве нового подхода к решению задачи по перемешиванию смесей, склонных к сегрегации, предлагается использовать принцип разделения потока подачи компонентов смеси на малые сегменты и формирование внутри них смеси. Реализовать предлагаемый метод можно путём применения различных конструктивных решений. Принципиально их можно поделить такие аппараты на смесители центробежного действия и смесители с рабочим органом возвратно-поступательного действия. И в том, и в другом случае процесс смешения будет происходить во время прохождения потока смешиваемых материалов через рабочий орган, представленный в виде пластин, формирующих решётку.

Пластины в рабочем органе могут быть расположены как в один, так и в несколько ярусов, при этом их расположение относительно друг друга может как поддерживать и продолжать работу со сформированными потоками, так и создавать новые. Принцип конструкции решётки в данном случае работает так же, как и в гравитационных смесителях. Пластины выступают в роли рассекателей или же делителей потока, формируя своего рода секции. Причём увеличение секций в смесителях, как известно, ведёт к повышению однородности смеси. Однако в смесителях гравитационного типа это может дать и обратный эффект – скорость потока смешиваемых материалов может снизиться, в следствие чего произойдёт скапливание смеси, что впоследствии может привести к сегрега-

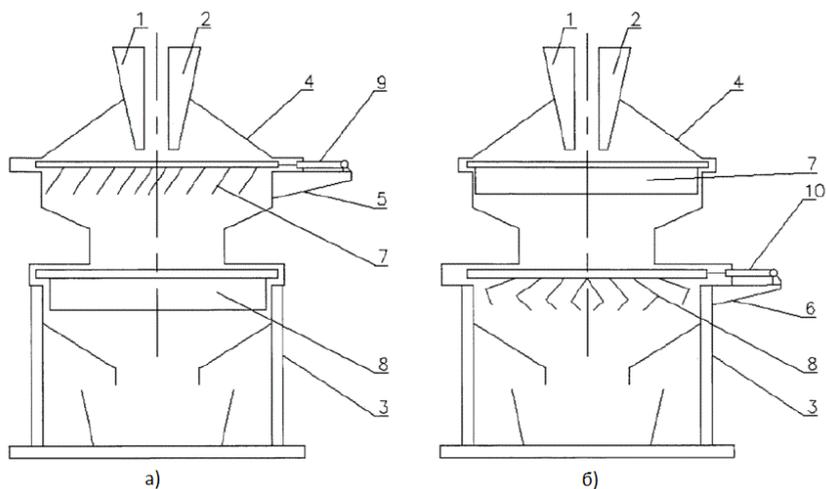
ции. Для устранения этого эффекта обычно применяют разные типы рас­секателей с различной плотностью расстановки элементов по ходу дви­жения потока и между ярусами устанавливают разгонные секции, что усложняет конструкцию и увеличивает её габариты. В способе, предла­гаемом авторами, рассекатели также являются принудительным рабочим органом смешивания. За счёт вращательного или возвратно­поступательного действия решётки смесь имеет меньшую склонность к накапливанию. Также немаловажно отметить тот факт, что условия взаи­модействия рабочего органа (рис. 1) с ненакапливающимся потоком ма­териала являются более щадящими, чем при работе с полным объёмом материала. Таким образом энергопотребление снижается в сравнении с классическими установками принудительного смешивания.



**Рис. 1. Принцип действия рабочего органа**

В качестве примера применения данного способа можно привести аппарат, предлагаемый авторами [3]. Смеситель (рис. 2) имеет основание 3, на котором монтируется смесительная камера, состоящая из одного и более узлов смешения. В данном варианте показано устройство с двумя узлами смешения, состоящими из смесительных решёток 7 и 8, заключённых в общем корпусе 4. Решётки монтируются на поперечинах 5 и 6

и осуществляют возвратно-поступательное движение за счёт приводов 9 и 10.



**Рис. 2. Смеситель сыпучих материалов**

Верхнее и нижнее смесительные устройства (7 и 8) отличаются компоновкой рассекателей, которые формируют решётку. На верхней решётке применены пластины, расположенные под острым углом к горизонтальной плоскости параллельно друг другу. Расстояния между ними увеличены ближе к периферийным элементам и сужены в центре. Решётка нижнего узла состоит из неравнобоких уголков с одинаковыми расстояниями между местами их крепления, но с разными углами установки (углы наклона увеличиваются от центра к периферии).

На рабочие органы материал попадает посредством дозаторов 1 и 2.

Таким образом, предлагаемый смеситель работает на принципах разделения смеси по секциям на малые объёмы, что позволяет лучше осуществлять контроль смесеобразования во время процесса. Вместе с тем, за счёт возвратно-поступательного движения рабочих органов, происходит ударное воздействие на частицы смеси, что интенсифицирует её поток, а также и непосредственно процесс смешения. В совокупности эти факторы положительно сказываются на качестве конечного продукта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Paul Edward L.* Handbook of industrial mixing: science and practice / Edward L. Paul. Blackwell Publishing Ltd, 2004. 1432 p.
2. *Van den Bergh W.* Removing the uncertainty in solids mixer selection // Chem. Eng. 1994. P. 70–77.
3. Пат. 2692717 Российская Федерация, В01F 3/18 Смеситель сыпучих материалов / А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин, Д.В. Лебедев, И.С. Гуданов. Опубл. 26.06.2019, Бюл. № 18.
4. *Лебедев А.Е.* Математическое описание процесса образования дисперсных потоков / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 3338-3341.
5. *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.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЖЕКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТКАЧКИ ЖИДКИХ СТОКОВ**

**А.А. Лешанов, И.А. Иванов, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин**

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена конструкция эжектора. Приведены исходные данные для расчета эжектора с требуемыми средами. Рассчитаны основные конструктивные параметры эжектора. Построена рабочая характеристика эжектора. Приведена 3D модель рассчитанного эжектора.*

***Ключевые слова:** эжекция, эжектор, конфузор, диффузор, сопло, разряжение*

## **DESIGN OF AN EJECTION UNIT FOR PUMPING LIQUID EFFLUENTS**

**A.A. Leshanov, I.A. Ivanov, D.S. Dolgin, Yu.A. Vetkin**

Scientific Supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

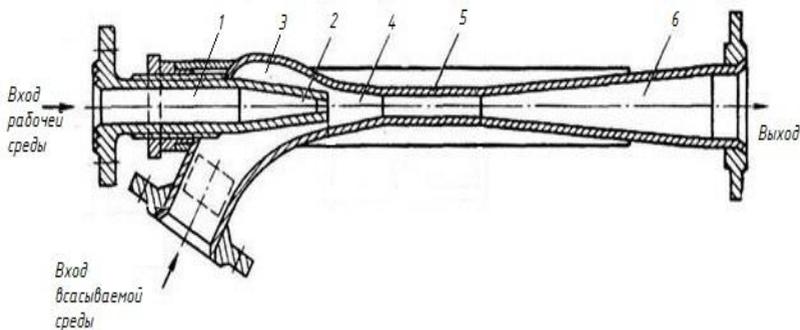
*The design of the ejector is considered. The initial data for calculating the ejector with the required media are given. The main design parameters of the ejector are calculated. The working characteristic of the ejector is constructed. A 3D model of the calculated ejector is given.*

***Keywords:** ejection, ejector, confuser, diffuser, nozzle, discharge*

Эжекция – это процесс, при котором поток с более высоким давлением, движущийся с большой скоростью, увлекает за собой среду с более низким давлением. Увлеченный поток называется эжектируемым, а аппараты в которых происходит такой процесс – эжекторами. Работа эжектора основана на законе Бернулли: если в сужающемся сечении трубопровода создается пониженное давление одной среды, это вызовет подсос в формируемый поток другой среды и ее перенос от места всасывания [1].

Эжекторы нашли применение в таких отраслях промышленности, как энергетическая, нефтегазовая, химическая и др. Они применяются для интенсификации процессов теплообмена, массообмена, очистки газов от механических примесей и капельной жидкости, смешения и эмульгирования, а также для перекачки различных жидкостей [2], например при сливе нефтепродуктов с высокой упругостью паров, при зачистке резервуаров для откачки осадка. Такое широкое применение обусловлено хорошими производственными характеристиками, т.е. оборудование просто в уходе и обслуживании, имеет высокую производительность при низких эксплуатационных расходах, оно имеет простую конструкцию, малые размеры, незначительный износ, возможность работы с засоренными и агрессивными средами, надежно при эксплуатации, а также не требует подвода электроэнергии.

Конструкция эжектора приведена на рис. 1. Рабочая среда под высоким давлением подается через трубу 1 к соплу 2 и выходит из него с большой скоростью, создавая за счет эжекции разрежение во всасывающей камере 3, откуда подсасывается эжектируемая среда. В конфузоре 4 и горловине 5 происходит смещение рабочей и эжектируемой среды. Получившаяся смесь выходит через диффузор 6.



**Рис. 1. Конструкция эжектора:**

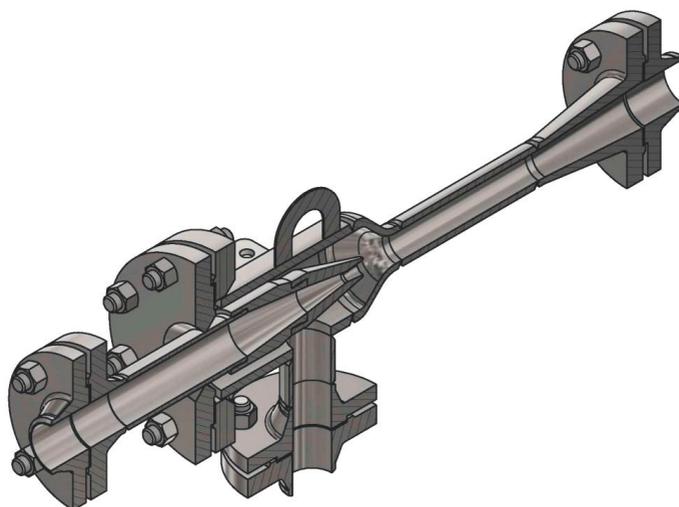
- 1 – труба; 2 – сопло; 3 – всасывающая камера; 4 – конфузор;  
5 – горловина; 6 – диффузор

При изготовлении эжектора для конкретных рабочей и эжектируемой сред необходимо выполнить технологический расчет и подобрать конструктивные параметры [3]. Исходными данными при расчете приняты параметры, указанные в таблице 1. В результате расчета были определены диаметры сопла, камеры смешения, диффузора. Расстояние от сопла до камеры смешения, длина камеры смешения и диффузора.

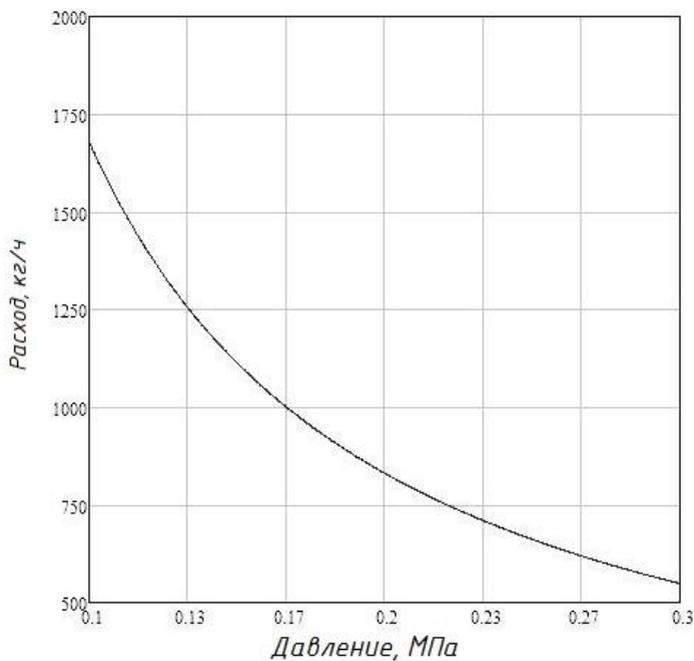
По полученным геометрическим размерам была спроектирована инжекционная установка для откачки стоков. 3Д-модель такого эжектора приведена на рис. 2, а изготовленный образец на рис. 3. Помимо этого, построена рабочая характеристика эжектора – зависимость расхода инжектируемой среды от давления смеси на выходе из эжектора. Характеристика представлена на рис. 3.

**Таблица 1. Исходные данные для проектирования**

№ п/п	Наименование	Значение
1	Рабочая среда	азот
2	Эжектируемая среда	вода
3	Расход рабочей среды	80 м <sup>3</sup> /ч
4	Давление на входе рабочей среды	0,8 МПа
5	Давление на входе эжектируемой среды	атм.
6	Максимальное сопротивление на выходе	до 0,3 МПа



**Рис. 2. 3Д-модель рассчитанного эжектора**



**Рис. 3. Рабочая характеристика эжектора**

Таким образом, в статье рассмотрена конструкция эжектора. Приведены исходные данные для расчета эжектора с требуемыми средами. Рассчитаны основные конструктивные параметры эжектора. Построена рабочая характеристика эжектора. Разработана 3Д модель рассчитанного эжектора. А также результаты проектирования были реализованы компанией ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ». На базе компании эжектор был изготовлен и успешно прошел все испытания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.Ю. Оптимальные эжекторы (теория и расчет) / В.Ю. Александров, К.К. Климовский. М.: Машиностроение, 2012. 136 с.
2. Успенский В.А. Струйные вакуумные насосы / В.А. Успенский, Ю.М. Кузнецов. М.: Машиностроение, 1973. 144 с.
3. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. М: Энергоиздат, 1989. 352 с.

## **РАЗРАБОТКА ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА КРЫШКИ КОЖУХА ТЕПЛООБМЕННИКА С ПЛАВАЮЩЕЙ ГОЛОВКОЙ ПОВЫШЕННОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ**

**А.А. Лешанов, И.А. Иванов, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин**

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Поворотные устройства в теплообменном оборудовании служат для облегчения его обслуживания. При этом не предусмотрено стандартного ряда поворотных устройств для теплообменников. Разработка нестандартных поворотных устройств – является актуальной задачей.*

**Ключевые слова:** теплообменник, поворотное устройство, каретка, плавающая головка, крышка кожуха, крышка распределительной камеры

## **DEVELOPMENT OF A ROTARY DEVICE FOR THE COVER OF THE HEAT EXCHANGER CASING WITH A FLOATING HEAD OF INCREASED LOAD CAPACITY**

**A.A. Leshanov, I.A. Ivanov, D.S. Dolgin, Yu.A. Vetkin**

Scientific Supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

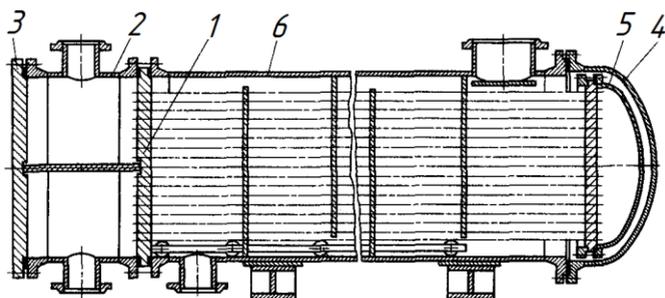
Yaroslavl State Technical University

*Rotary devices in heat exchange equipment serve to facilitate its maintenance. At the same time, there is no standard range of rotary devices for heat exchangers. The development of non-standard rotary devices is an urgent task.*

**Keywords:** heat exchanger, rotary device, carriage, floating head, casing cover, distribution chamber cover

Теплообменное оборудование широко применяется во многих отраслях промышленности, а в частности в нефтехимической [1]. Здесь теплообменники применяются для подогрева или охлаждения исходного сырья, готовой продукции и др. Одним из типов теплообменного оборудования, которое часто применяется в этой промышленности – является теплообменник с плавающей головкой (рис. 1). К его достоинствам отно-

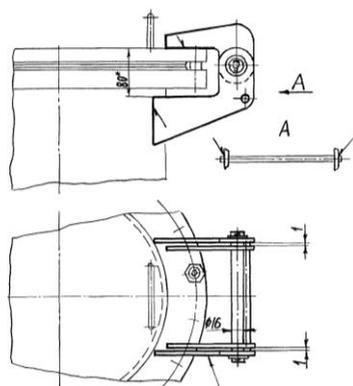
сятся: возможность работы с высокотемпературными теплоносителями, в том числе и перегретым выше критической температуры, высокая надежность и герметичность стыков, способность без разрушения выдерживать многочисленные циклы нагрев–остывание. К основным элементам теплообменника (см. рис. 1) с плавающей головкой относится кожух 6, в который вставлен трубный пучок 1. Слева от кожуха устанавливается камера распределения 2 с крышкой 3. Справа от кожуха на трубный пучок монтируется крышка плавающей головки 5, и это всё закрывается крышкой кожуха 4.



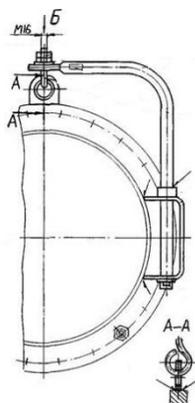
**Рис. 1 – Теплообменник с плавающей головкой:**

- 1 – трубный пучок; 2 – распредкамера; 3 – крышка распредкамеры;  
4 – крышка кожуха; 5 – плавающая головка; 6 – кожух

Для удобства обслуживания таких аппаратов возникает потребность в наличии поворотных устройств для крышек кожуха и распредкамеры с целью доступа к самому трубному пучку.



**Рис. 2. Шарнирное поворотное устройство**

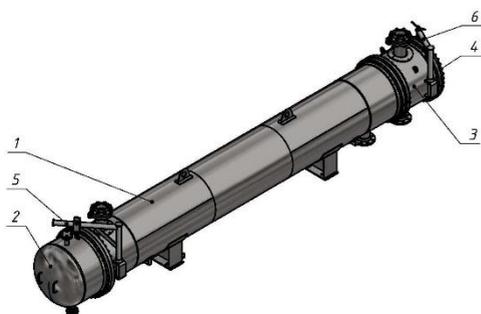


**Рис. 3. Гусак**

Существует ряд стандартных поворотных устройств: шарнирные (рис. 2) по ОСТ 26-2012-83 [2], гусаки (рис. 3) по ОСТ 26-2013-83 [3].

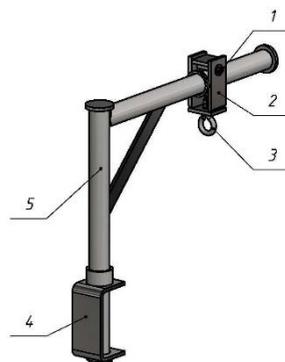
Нами спроектировано поворотное устройство для конкретного теплообменника (рис. 4), масса крышки которого составляет ~470 кг.

Спроектированное поворотное устройство представлено на рис. 5. Скоба 5 приваривается к корпусу аппарата. В неё вставляется патрубок 5, который воспринимает основную нагрузку. На крюк 3 подвешивается крышка кожуха. Благодаря каретке 2 с осью 1 крышку можно перемещать относительно патрубка 5 и одновременно вращать вокруг скобы, освобождая тем самым доступ к плавающей головке трубного пучка.



**Рис. 4. Теплообменник в сборе с поворотным устройством:**

1 – кожух; 2 – крышка кожуха;  
3 – распределкамера; 4 – крышка распределкамеры; 5 – поворотное устройство



**Рис. 5. Поворотное устройство:**

1 – ось каретки; 2 – каретка;  
3 – крюк; 4 – скоба;  
5 – патрубок

Нами проведены следующие расчеты на прочность [4]: расчет патрубка гусака на изгиб, расчет оси каретки на изгиб и срез; расчет крюка каретки на растяжение, расчет резьбы крюка каретки на срез, расчет листов каретки на растяжение. Также отдельно рассчитывалась скоба, привариваемая к корпусу методом конечных элементов в программе Inventor.

Условия прочности для всех расчетов выполняются, из чего можно сделать вывод, что спроектированное поворотное устройство надежно и выдержит заданную нагрузку в течение всего срока службы аппарата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. *Сугак А.В.* Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А.В. Сугак, В.К. Леонтьев, Ю.А.Веткин. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 336 с.
5. ОСТ 26-2012-83. Устройства шарнирные для крышек люков стальных сварных сосудов и аппаратов. Конструкция.
6. ОСТ 26-2013-83. Устройства подъемно-поворотные для крышек люков стальных сварных сосудов и аппаратов. Конструкция.
7. *Аркуша А.И.* Техническая механика: Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник / А.И. Аркуша. М.: КД Либроком, 2015. 354 с.

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГРАВИТАЦИОННО-ИНЕРЦИОННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ**

**И.А. Иванов, А.А. Лешанов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин**

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

Ярославский государственный технический университет

*Разрабатывается конструкция гравитационно-инерционного фильтра для очистки воды от механических примесей разной плотности без остановки технологического процесса для очистки фильтрующего элемента. Для этого в фильтре располагается ряд козырьков, под которыми имеются отверстия с целью создания нужной структуры потока необходимой для разделения жидкости и механических примесей.*

***Ключевые слова:** фильтр гравитационно-инерционный, козырьки, непрерывный процесс, гидродинамический расчет*

## **DEVELOPMENT OF A GRAVITY-INERTIA FILTER DESIGN FOR WATER PURIFICATION FROM MECHANICAL IMPURITIES**

**I.A. Ivanov, A.A. Leshanov, Yu.A. Vetkin, D.S. Dolgin**

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

Yaroslavl State Technical University

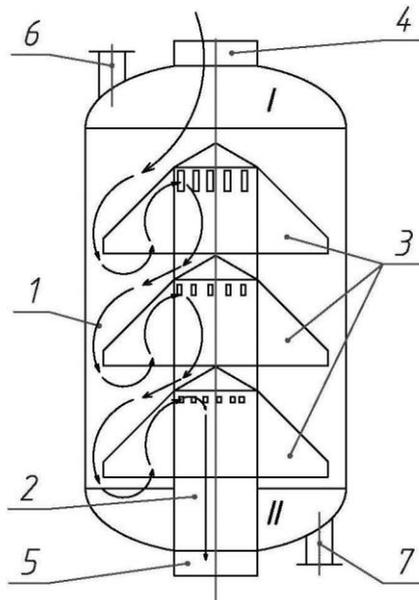
*The design of a gravity-inertia filter for water purification from mechanical impurities of different densities is being developed without stopping the technological process for cleaning the filter element. To do this, a number of canopies are located in the filter, under which there are holes in order to create the necessary flow structure necessary for the separation of liquid and mechanical impurities.*

***Keywords:** gravitational-inertial filter, visors, continuous process, hydrodynamic calculation*

На промышленных предприятиях химической, нефтехимической и других отраслей промышленности часто возникает необходимость очистки воды от механических включений. Так, механические включения могут забивать трубки теплообменной аппаратуры, тем самым ухудшая теплообмен [1]. Для фильтрации таких механических включений используются сетчатые фильтры. Однако применение таких фильтров порой бывает не эффективно в связи с ростом их сопротивления по мере загрязнения фильтрующего элемента. И для чистки загрязненного элемента приходится периодически останавливать техпроцесс, что также является недостатком. Включения в воде могут быть по плотности как меньше плотности воды, так и больше, что еще более усложняет задачу выбора системы очистки. В качестве альтернативы сетчатым фильтрам часто используют инерционно-гравитационные установки [2].

Принцип действия этих инерционно-гравитационных грязевиков основан на использовании и комбинировании естественных процессов – гравитации и инерции частиц загрязнений для их улавливания в аппарате. Грязевики не имеют сеток или фильтрующих загрузок [3], поэтому, в отличие от сетчатых фильтров и традиционных грязевиков, очистка воды от механических примесей в них ведется в непрерывном режиме и, что очень важно, не сопровождается нарастанием гидравлического сопротивления аппарата по мере накопления уловленного шлама (т.е. не меняется гидравлический режим работы системы). Удаление накопленных в аппарате загрязнений производится в ходе работы устройства, без остановки системы, кратковременным (на 5-15 секунд) открыванием дренажей для слива шлама (объем сбрасываемой дренажной воды незначителен и составляет около 2-5% от внутреннего объема аппарата).

Рассматриваемый инерционно-гравитационный грязевик приведен на рис. 1 и представляет собой напорный аппарат с вертикальным цилиндрическим корпусом 1, внутри которого смонтирован трубопровод 2 с установленными на нем рядами козырьков 3, под которыми выполнены отверстия. Проходные сечения и конструктивное исполнение внутренних элементов определяются в результате гидродинамического расчета для обеспечения максимального эффекта улавливания частиц загрязнений. Загрязненный поток воды подводится через верхний патрубок 4, а очищенный поток выводится через нижний 5. В верхней точке корпуса грязевика установлен воздушник 6 (или верхний дренаж), а в нижних точках корпуса корпусные нижние дренажные патрубки 7 для периодического удаления шлама. Накопление загрязнений происходит в нижней камере II (для тяжелых примесей) и в верхней камере I (для легко всплывающих примесей). Достаточно большая емкость камер обеспечивает объемный сбор частиц для последующего их периодического удаления через дренажные патрубки.



**Рис. 1. Конструкция гравитационно-инерционного фильтра**

- I – верхняя камера; II – нижняя камера;  
 1 – корпус; 2 – трубопровод; 3 – козырьки с отверстиями;  
 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок;  
 6 – воздушник; 7 – дренаж

Расчет фильтра грязевика сводится к определению необходимых сечений для создания условия отделения твердых частиц. При входе потока в корпус фильтра над коническим колпаком происходит падение скорости потока в силу увеличения площади сечения и образование обратных вихрей на периферии сепарационной зоны. При этом легкие включения перемещаются к поверхности, где скапливаются и удаляются при периодическом открытии штуцеров отвода легких примесей. Основной поток жидкости с тяжелыми включениями устремляется в кольцевой зазор между коническим отбойником и корпусом фильтра-грязевика. Кольцевое сечение подобрано таким образом, чтобы поток двигался в турбулентном режиме. Далее поток разворачивается в сторону центра к центральной трубе, а твердые включения по инерции проходят вниз грязевика, осаждаясь на днище, откуда периодически удаляются путем открытия дренажного штуцера. Расстояние между коническими колпаками подобрано так, чтобы поток жидкости после разворота к сборной трубе

двигался в ламинарном режиме, а расстояние от наружного радиуса колпака до сборной трубы подобрано таким образом, чтобы происходило осаждение остатков твердых включений не удаленных за счет сил инерции. Отвод очищенной среды осуществляется через центральную трубу. Для этого в центральной трубе непосредственно под колпаками выполнены прорези. Общая площадь прорезей определяется исходя из расхода жидкости, при этом площадь неравномерно распределена под каждым козырьком, она уменьшается по мере движения жидкости сверху вниз, что позволяет постепенно уменьшать скорость движения потока по высоте на периферии и исключить взмучивания осадка на днище.

Литературный обзор показал, что, не смотря на применение инерционно-гравитационных фильтров в промышленности, в открытом доступе отсутствуют методики расчета их основных параметров, что делает необходимым разработку комплексной методики расчета таких фильтров.

Таким образом, в работе выполнен обзор конструкций инерционно-гравитационных фильтров, разобран механизма работы фильтра и выбрано направление расчета его основных геометрических параметров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Батуев С.П.* Защита водогрейных котлов и теплообменников от заноса механическими загрязнениями // *Новости теплоснабжения.* 2007. № 5. С. 32-35.
2. *Батуев С.П.* Опыт эксплуатации инерционно-гравитационных фильтров-грязевиков ГИГ на котельных с водогрейными котлами большой мощности // *Энергонадзор- информ.* 2010. № 1. С. 50-53.
3. *Аносов П.А.* Опыт внедрения технологии коррекционной обработки воды систем теплоснабжения совместно с использованием инерционногравитационных грязевиков «ГИГ» / П.А. Аносов, С.П. Батуев // *Новости теплоснабжения.* 2014. № 3. С. 46-52.

## РАСЧЁТ МЕХАНИЗМА САМООЧИСТКИ СЕТЧАТОГО ФИЛЬТРА

**И.А. Иванов, А.А. Лешанов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин**

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

Ярославский государственный технический университет

*При использовании сетчатых фильтров в непрерывных процессах есть необходимость периодической чистки сетчатой поверхности. Поэтому как правило устанавливают два фильтра параллельно: основной и резервный. Альтернативой данному решению является использование фильтров с системой самоочистки, что должно вести к уменьшению материалоемкости, сокращению затрат на обслуживание. Фильтры, оборудованные системой самоочистки - являются актуальной темой.*

**Ключевые слова:** *фильтр сетчатый, сетчатая поверхность, непрерывный процесс, система самоочистки*

## CALCULATION OF THE SELF-CLEANING MECHANISM OF THE MESH FILTER

**I.A. Ivanov, A.A. Leshanov, Yu.A. Vetkin, D.S. Dolgin**

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

Yaroslavl State Technical University

*When using mesh filters in continuous processes, there is a need for periodic cleaning of the mesh surface. Therefore, as a rule, two filters are installed in parallel: the main and backup. An alternative to this solution is the use of filters with a self-cleaning system, which should lead to a reduction in material consumption and a reduction in maintenance costs. Filters equipped with a self-cleaning system are an urgent topic..*

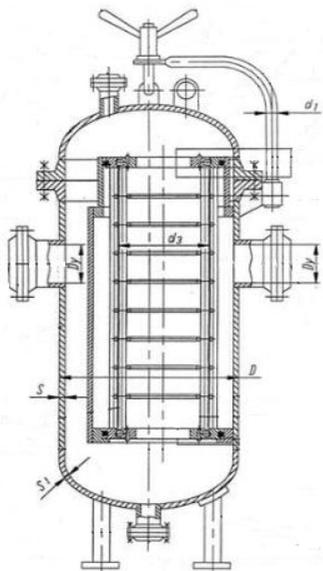
**Keywords:** *filter, mesh surface, continuous process, self-cleaning system*

Сетчатые фильтры широко используются в различных отраслях промышленности в качестве очистителей рабочей среды от различных типов механических загрязнений (грязи, песка, ржавчины и т.п.). Как

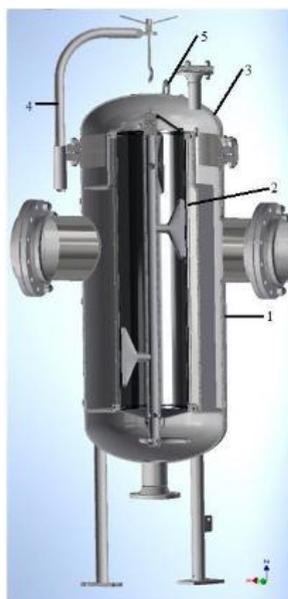
правило, такие фильтры устанавливаются непосредственно перед насосными установками. Основное назначение фильтров – удаление из потока фильтруемой жидкости механических примесей.

Фильтры жидкостные СДЖ (рис. 1) представляют собой вертикальные цилиндрические емкостные аппараты со съемной крышкой для обеспечения монтажа и периодической чистки располагающихся внутри корпуса фильтрующих элементов. Нижнее днище – неразъемное, эллиптическое. Аппараты (фильтры жидкостные СДЖ) крепятся на стандартных опорах, имеют технологические штуцеры, дренажное устройство, воздушник, необходимые штуцера под КИПиА.

К особенностям работы сетчатых фильтров можно отнести необходимость периодической чистки сетчатой поверхности. Поэтому при использовании таких фильтров в непрерывных процессах, как правило, устанавливают параллельно два фильтра: основной и резервный. Альтернативой данному решению является использование фильтров с системой самоочистки (рис. 2), что должно вести к уменьшению материалоемкости, сокращению затрат на обслуживание.



**Рис. 1. Фильтр СДЖ:** 1 - корпус, 2 - крышка, 3 - фильтрующий элемент, 4 - опора, 5 - подъемно-поворотное устройство, 6 - строповое устройство



**Рис. 2. Фильтр, оборудованный системой самоочистки:**  
1 - корпус, 2 - фильтрующий элемент, 3 - крышка, 4 - подъемно-поворотное устройство, 5 - серва

Для определения угловой скорости вращения вала устройства очистки составим уравнение сохранения энергии (1). Энергия струи приводит во вращение вал, с другой стороны вращению вала препятствует сила трения щеток о сетку и сила гидравлического сопротивления вращению щеток.

$$E_k = A_{\text{тр}} + A_{\text{сопр}}/A_{\text{вращ}}, \quad (1)$$

где  $E_k$  – кинетическая энергия вращающегося вала в единицу времени;  
 $A_{\text{тр}}$  – работа сил трения в единицу времени;  
 $A_{\text{сопр}}/A_{\text{вращ}}$  – работа на преодоление гидравлического сопротивления в единицу времени.

Решение данного уравнения позволило получить формулу определения угловой скорости вала (2).

$$\omega = \frac{(h \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 (1 - \cos \alpha) - k_{\text{тр}} \cdot R_{\text{сет}} \cdot N) \cdot 2}{C_x \cdot F_{\text{сеч}} \cdot \rho \cdot R_{\text{ср}}^3}, \quad (2)$$

где  $h$  – плечо силы относительно оси вращения;  
 $\rho$  – плотность среды ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  
 $S$  – площадь выходного сечения патрубков, примем три патрубка;  
 $V$  – скорость воды на выходе из сопла;  
 $\alpha$  – угол между направлением выхода струи и поверхностью;  
 $N$  – количество щеток;  
 $R_{\text{сет}}$  – радиус сетки;  
 $F_{\text{сеч}}$  – площадь сечения;  
 $R_{\text{ср}}$  – средний радиус вращения щетки;  
 $C_x$  – коэффициент сопротивления;  
 $k_{\text{тр}}$  – коэффициент трения.

При определении минимального времени очистки, будем исходить из того, что за это время щетки должны совершить не менее одного оборота, и объем ушедшей жидкости в дренаж должен быть не менее объема фильтрующего элемента. Минимальное время открытия клапана:

$$t_{\text{min}} = \max(t_1, t_2), \quad (3)$$

где  $t_1$  – время, необходимое для истечения в дренаж объема, равного внутреннему объему фильтрующего элемента;

$t_2$  – время одного оборота вала.

Таким образом, в результате проектирования рассмотрено внесение изменений в конструкцию корпуса фильтра СДЖ с целью модернизации его для оборудования системой самоочистки. Выполнен расчет основных технологических параметров фильтра: частота вращения, ми-

нимальное время открытия клапана. В результате был создан фильтр для очистки воды, отвечающий современным требованиям надежности и безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пащенко Д.И.* 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. URL: [https://www.e1.ru/articles/santech/page\\_1/012/451/article\\_12451.html/](https://www.e1.ru/articles/santech/page_1/012/451/article_12451.html/)
3. Самопромывные (самоочищающиеся) фильтры. URL: [http://intech-gmbh.ru/self-cleaning\\_filters/](http://intech-gmbh.ru/self-cleaning_filters/)
4. Сетчатые фильтры для грубой и тонкой очистки воды. URL: <https://byreniepro.ru/filtry-dlya-ochistky/setchatye.html/>
5. ГОСТ 3826-82 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. М.: Издательство стандартов, 1983.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ СОЭКСТРУЗИИ**

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

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены аналитический и численный методы для решения задачи получения длинномерных профильных полимерных изделий методом соэкструзии. Приведены их достоинства и недостатки. Показаны программные комплексы, позволяющие провести численное моделирование. Определена последовательность процесса применения численных методов.*

**Ключевые слова:** соэкструзия, полимерные материалы, формирующая голова, численный метод

## **APPLICATION OF NUMERICAL METHODS TO SOLVE THE PROBLEM OF OBTAINING LONG PROFILE POLYMER PRODUCTS BY CO-EXTRUSION**

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

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

Yaroslavl State Technical University

*Analytical and numerical methods for solving the problem of obtaining long profile polymer products by co-extrusion are considered. Their advantages and disadvantages are given. The software complexes allowing to carry out numerical modeling are shown. The sequence of the process of applying numerical methods is determined.*

**Keywords:** co-extrusion, polymer materials, forming head, numerical method

Соэкструзия – это сложный процесс получения многослойных полимерных материалов. Целью этого процесса является получение готового продукта с заданными свойствами. Часто такие свойства противоречивы, а сочетание их в одном материале порой попросту невозможно. По-

этому соэкструзией мы получаем многослойный продукт, каждый слой которого отвечает за свою функцию: износостойкость, прочность, эластичность и т.д. [1, 2].

Качество готового экструдата зависит от геометрии формирующего инструмента – экструзионной головки. А в современных реалиях такая оснастка изготавливается «методом проб и ошибок» основываясь на опыте конструктора. В связи с этим стоимость такого оборудования сильно возрастает. С целью уменьшения стоимости оборудования авторами предлагается для проектирования воспользоваться численными методами.

Перед проектированием головки необходимо выбрать или разработать свою математическую модель процесса течения экструдата в каналах головки. Для описания моделей наибольшее распространение получили аналитический и численный методы.

Аналитический метод описания основывается на разложении целого процесса на составные части и дальнейшем рассмотрении частей как отдельных самостоятельных процессов. В рамках этих процессов составляются реологические уравнения состояний, связывающие компоненты напряжений и деформаций. Известны многие математические модели: Максвелла, Олдройда Б, Вайта-Мецнера, ПОМ-ПОМ модель, Леонова и др [3]. Например, модель Олдройда имеет следующий вид [4]:

$$T + \lambda_1(D_j T/D_j t) - \mu_1(Td + dT) + \mu_0(trT)d + v_1(trTd)I = \quad (1)$$

$$= 2\eta_0[d + \lambda_2(D_j d/D_j t) - 2\mu_2 d^2 + v_2(trd^2)I],$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, \mu_0, \mu_1, \mu_2, v_1, v_2$  и  $\eta_0$  – константы.

Как можно видеть из уравнения (1), в него входит большое количество констант, характеризующих различные свойства полимеров, которые необходимо определить экспериментально, что очень затруднительно, а все существующие модели не описывают в полной мере сложные свойства и поведение полимерных материалов. Поэтому применение аналитического метода затруднительно.

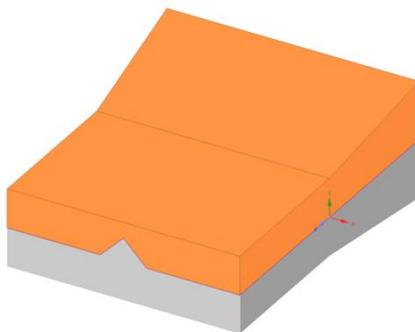
Численные же методы позволяют более детально смоделировать процесс соэкструзии с применением вычислительной гидродинамики, основанной на применении численных методов к решению систем дифференциальных уравнений в частных производных, показывающий нелинейный характер вязкоупругих жидкостей [5].

Для численного моделирования существует множество программ: ANSYS, SIMCENTER FLOEFD, KompasFlow, Comsol Multiphysics и др. Все они обладают своими достоинствами и недостатками. Авторами предлагается использовать ANSYS, поскольку этот программный комплекс позволяет моделировать совместное течение двух и более потоков,

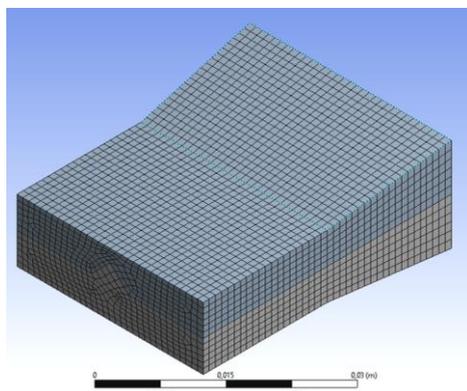
содержит большое количество математических моделей, необходимых для более точного описания процесса экструзии, а также позволяет применять 3D-модели, выполненные в различных CAD программах.

Процесс применения численных методов сводится к следующей последовательности действий:

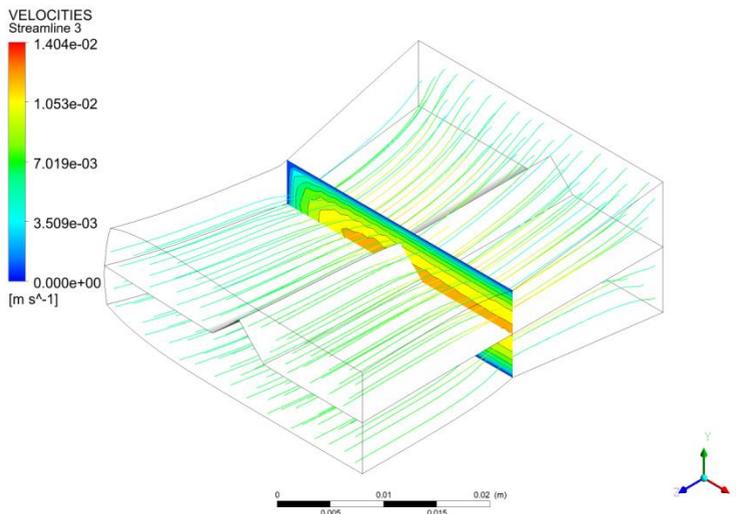
1. Создание 3D-модели области течения материалов (рис. 1);
2. Разделение области течения материала с использованием метода конечных элементов (рис. 2);
3. Задание граничных условий с учетом принятых допущений, выбор математической модели;
4. Осуществление численного расчета в соответствии с выбранной математической моделью;
5. Вывод результатов моделирования (рис. 3).



**Рис. 1. 3D-модель области течения**



**Рис. 2. Разбивка области течения на конечные элементы**



**Рис. 3. Результаты моделирования**

Таким образом, для удешевления процесса изготовления оснастки для соэкструзионного оборудования целесообразно применять численные методы, которые позволят наиболее точно выбрать математическую модель с необходимым количеством задаваемых параметров, которая наиболее точно будет описывать процесс течения, с целью подбора оптимальной геометрии каналов в экструзионной головке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производство изделий из полимерных материалов / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паняматченко: учеб. пособие. СПб.: Профессия, 2004. 464 с.
2. *Мартин Дж.М.* Производство и применение резинотехнических изделий / Дж.М. Мартин, У.К. Смит. СПб.: Профессия, 2006. 480 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 / П.П. Юрыгин. Ярославль, 2014. 164 с.
4. *Хан Ч.Д.* Реология в процессах переработки полимеров / Ч.Д. Хан. М.: Химия, 1979. 366 с.
5. *Роуч П.* Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. М.: Мир, 1980. 612 с.

## МЕТОД И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА КОРПУСНЫХ ОПОР

**А.А. Боровков, Е.А. Шлякова, А.В. Проворов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Описывается методика аналитического расчета на прочность подвижных приварных корпусных опор технологических трубопроводов. Предлагаются средства автоматизации расчетов на базе системы трехмерного моделирования.*

*Ключевые слова: опора, технологический трубопровод, расчет на прочность, трехмерное моделирование*

## METHOD AND TOOLS FOR AUTOMATED CALCULATION OF HOUSING SUPPORTS

**A.A. Borovkov, E.A. Shlyakova, A.V. Provorov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The method of analytical calculation of the strength of movable welded casing supports of technological pipelines is described. Means of automation of calculations based on a three-dimensional modeling system are proposed.*

*Keywords: support, process pipeline, strength analysis, 3D modeling*

Опоры технологических трубопроводов в соответствии с ОСТ 36-146-88 [1] могут быть самой различной конструкции. Широкое применение на практике получили подвижные корпусные и тавровые опоры, которые отличаются друг от друга размерами, формой и количеством продольных и поперечных стенок.

На рис. 1 представлена трехмерная модель корпусной опоры АС23.

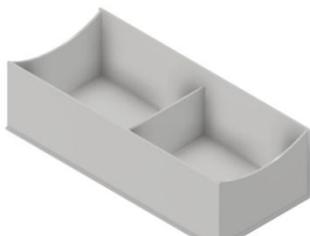


Рис. 1. Опора АС23

Две продольные стенки опоры верхними ребрами привариваются к стенке трубы и несут основную нагрузку, а нижняя грань опоры взаимодействует с подпорной конструкцией. ОСТ 36-146-88 предлагает метод расчета корпусных опор, где опора рассматривается как жестко заземленная балка, находящаяся под действием внешних сил и моментов. Однако такой подход не позволяет учитывать ряд факторов, влияющих на напряженное состояние конструкции при эксплуатации.

Так как опора подвижная, при температурном удлинении трубы она может частично сползть с подпоры, при этом в зоне контакта будут действовать реакции опоры в виде вертикальной распределенной нагрузки  $q$ , суммарно равной весу трубы  $Q_y$ , и сила  $F_{тр}$ , равная силе трения (рис. 2).

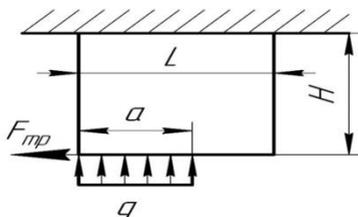
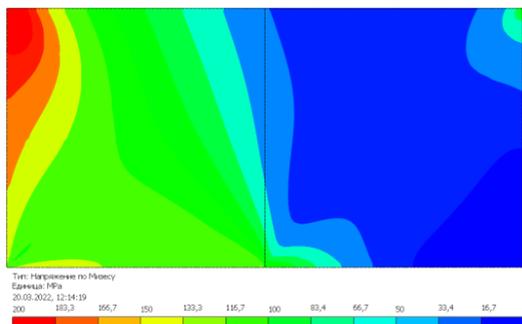


Рис. 2. Расчетная схема опоры

Опора работает на сжатие от действия распределенной нагрузки  $q$  и изгиб от действия силы трения  $F_{тр}$ . Так как вертикальная нагрузка смещена относительно оси симметрии опоры, то последняя испытывает внецентренное сжатие, приводящее к возникновению дополнительного изгибающего момента. Кроме этого, сила  $F_{тр}$  является перерезывающей

силой и создает напряжения сдвига (касательные напряжения) в сечениях опоры, нормальных ее вертикальной оси симметрии.

Стенка опоры находится в сложном напряженно-деформированном состоянии. На рис. 3 представлена картина распределения напряжений по Мизесу, полученная методом конечных элементов [2] в системе Autodesk Inventor. Нагрузки соответствуют рис. 2. Можно видеть, что максимальные напряжения возникают в верхнем левом углу стенки опоры.



**Рис. 3. Распределение напряжений по Мизесу в стенке опоры**

При расчете будем суммировать нормальные напряжения от внецентренного сжатия силой  $Q_y$  (вес трубы), изгибные напряжения и касательные напряжения от действия силы трения  $F_{тр}$ . Напряжения рассчитываются для зоны максимальных напряжений (см. рис. 3).

Напряжения от внецентренного сжатия для продольной стенки опоры определяются как

$$\sigma_{вц} = \frac{Q_y \cdot (3a - 4L)}{b \cdot L^2}, \quad (1)$$

где  $b$  – толщина стенки.

Напряжения от изгиба силой трения

$$\sigma_{тр} = - \frac{6 \cdot Q_y \cdot k_{тр} \cdot H}{b \cdot L^2}, \quad (2)$$

где  $k_{тр}$  – коэффициент трения.

Сила трения действует как перерезывающая сила и вызывает в стенке касательные напряжения. В соответствии с теоремой Журавского [3] касательные напряжения в поперечном сечении распределяются по параболическому закону и вблизи левого ребра пластины равны нулю. Однако в реальной опоре (см. рис. 1) могут иметься поперечные стенки, воспринимающие большую часть изгибных напряжений, и в этом случае продольные стенки в большей степени работают на срез. Поэтому касательные напряжения с небольшим запасом могут быть вычислены как

$$\tau = \frac{Q_y \cdot k_{тр}}{b \cdot L}. \quad (3)$$

Эквивалентные напряжения определяются по четвертой теории прочности:

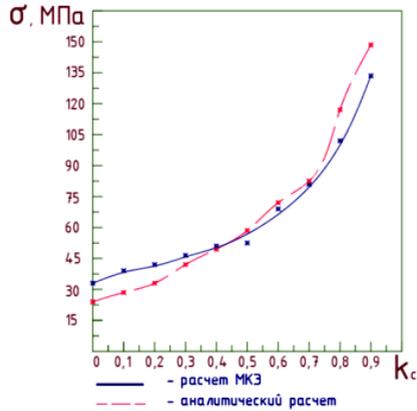
$$\sigma_{экр} = \sqrt{(\sigma_{вц} + \sigma_{тр})^2 + 3 \cdot \tau^2}. \quad (4)$$

Для автоматизации процессов численных и аналитических расчетов использована система Autodesk Inventor со встроенной технологией iLogic. iLogic предлагает два основных инструмента автоматизации расчетов – правила и формы. Правило – это заданная проектировщиком последовательность действий (программа), автоматически обрабатываемая при выполнении какого-либо события, заранее определенного (например, изменился параметр модели, ее материал и т.д.). Форма – это диалоговое окно, создаваемое средствами генератора форм Autodesk Inventor. Посредством форм проектировщик может создать свой пользовательский интерфейс по управлению моделями, связать его с параметрами, свойствами и правилами из модели детали, сборки и чертежа.

Были созданы правила и формы, которые позволили организовать автоматическую быструю перестройку трехмерных моделей и производить расчет конструкции на прочность численно и аналитически при разных вариантах нагрузок и коэффициентах сползания опоры.

Для оценки адекватности предлагаемой методики аналитического расчета проведены вычисления и выполнено сравнение результатов аналитического и численного методов. Вычислены максимальные напряжения для одного из вариантов подвижной корпусной опоры АС23 при различных коэффициентах ее сползания, определяемых как  $k_c = \frac{a}{L}$ .

Результаты представлены на рис. 4. При проведении аналитического расчета учитывалось наличие поперечных стенок. Наблюдается удовлетворительная сходимость результатов.



**Рис. 4. Зависимость напряжений от коэффициента сползания**

Разработанные методика аналитического расчета корпусных опор и программная среда для ее реализации могут быть использованы на практике при проектировании технологических трубопроводов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 36-146-88. Опоры стальных технологических трубопроводов на  $P_y$  до 10 МПа.
2. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 543 с.
3. *Беляев Н.М.* Сопротивление материалов. М.: Наука, 1965. 856 с.

## АППАРАТ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

**Т.М. Сибрина, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье предложена конструкция аппарата для разделения эмульсий и может быть использовано в химической, пищевой и других отраслях промышленности.*

***Ключевые слова:** эмульсия, разделение эмульсий, пристенный слой, промежуточный слой, распыл, центробежная сила инерции*

## APPARATUS FOR SEPARATING EMULSIONS

**T.M. Sibrina, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova**

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

Yaroslavl State Technical University

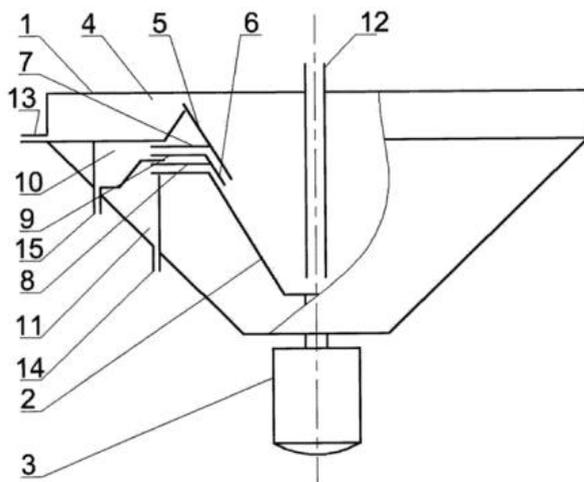
*The article suggests the design of an apparatus for separating emulsions and can be used in chemical, food and other industries.*

***Keywords:** emulsion, emulsion separation, wall layer, intermediate layer, spray, centrifugal force of inertia*

Аппарат предназначен для разделения стойких эмульсий и может быть использован в химической, пищевой и других отраслях промышленности. Устройство содержит патрубок для подачи эмульсии, неподвижный цилиндрическо-конический корпус, расположенную в его внутреннем объеме коническую насадку, снабженную приводом вращательного движения вокруг вертикальной оси, и приемник жидкой фазы, установленный на стыке цилиндрической и конической частей корпуса. На периферийной части конической насадки размещены два разделительных устройства с возможностью регулировки расстояния между ними, причем верхнее разделительное устройство сообщено с приемником жидкой фазы.

Разделительные устройства представляют собой полые конусы с углами конусности, равными углам конусности конической насадки, к которым с внешней боковой стороны присоединены плоские кольцевые диски, а к верхней части нижнего разделительного устройства прикреплен дополнительный плоский кольцевой диск, причем периферийные части дополнительного плоского кольцевого диска и плоского кольцевого диска сообщаются с камерой разделения, а плоского кольцевого диска и конической насадки - с приемником. Достигается высокая степень разделения и энергосбережения.

На рис. 1 представлена конструкция аппарата.



**Рис. 1. Аппарат для разделения эмульсий**

Устройство для разделения эмульсий содержит неподвижный цилиндрическо-конический корпус 1, расположенную в его внутреннем объеме коническую насадку 2, снабженную приводом вращательного движения 3 вокруг вертикальной оси, и приемник жидкой фазы 4, установленный на стыке цилиндрической и конической частей корпуса. На периферийной части конической насадки размещены два разделительных устройства с возможностью регулировки расстояния между ними. Верхнее разделительное устройство сообщено с приемником жидкой фазы 4, Разделительные устройства представляют собой полые конусы 5 и 6 с углами конусности равными углам конусности конической насадки 2. К полым конусам 5 и 6 с внешней боковой стороны присоединены плоские

кольцевые диски 7 и 8. К верхней части нижнего разделительного устройства 6 прикреплен дополнительный плоский кольцевой диск 9. Периферийные части дополнительного плоского кольцевого диска 9 и плоского кольцевого диска 7 сообщаются с камерой разделения 10, а плоского кольцевого диска 8 и конической насадки 2 с приемником 11. Исходная эмульсия загружается через патрубок для подачи эмульсии 12. Выгрузка разделенных компонентов происходит через патрубки 13 и 14. Для слива жидкости из камеры разделения 10 в ее нижней части выполнен патрубок 15.

Подлежащая разделению эмульсия поступает через патрубок для подачи эмульсии 12 в центральную часть вращающейся конической насадки 2. Под действием центробежных сил инерции эмульсия поднимается по ее внутренней боковой поверхности. При этом происходит ее разделение.

Более плотная жидкость движется в пристенном слое, а менее плотная смещается к центру вращения. Жидкость, имеющая большую плотность, проходит в зазоре между конической насадкой и полым конусом 6, затем движется между конической насадкой и плоским кольцевым диском 8, а далее поступает в приемник 11, в котором накапливается.

Менее плотная жидкость двигаясь в слоях, отдаленных от поверхности конической насадки 2 отделяется при помощи полого конуса 5. Двигаясь вверх по его поверхности поток менее плотной жидкости поступает в приемник жидкой фазы 4.

Промежуточный слой, содержащий неразделенную жидкость, проходит между полыми конусами 5 и 6, движется в зазоре между плоским кольцевым диском 7 и дополнительным плоским кольцевым диском 9, а затем распыляется в камеру разделения 10. При распылении происходит разделение эмульсии на капли составляющих жидкостей. Осевшие в камере разделения 10 капли не образуют стойкую эмульсию. При этом происходит расслоение эмульсии на более плотную и менее плотную жидкости (здесь происходит грубое разделение и снижение стойкости эмульсии). Из камеры разделения 10 грубо разделенная эмульсия поступает через патрубок 15 в патрубок для подачи эмульсии 12.

Благодаря тому, что разделительные устройства представляют собой полые конусы 5 и 6 с углами конусности равными углам конусности конической насадки 2 удается обеспечить без возмущения потока (без завихрений и турбулентностей, нарушающий расслоенную на исходные жидкости эмульсию) выделение из потока эмульсии трех параллельно движущихся слоев – пристенного слоя жидкости, имеющей большую плотность, промежуточного слоя, где присутствуют обе жидкости и слоя жидкости меньшей плотности.

За счет того, что к полым конусам 5 и 6 с внешней боковой стороны присоединены плоские кольцевые диски 7 и 8, а к верхней части нижнего разделительного устройства 6 прикреплен дополнительный плоский кольцевой диск 9 удается обеспечить отведение всех трех выделенных полыми конусами 5 и 6 потоков в соответствующие приемники 4 и 11 и камеру разделения 10 в которой происходит распыление и осаждение капель промежуточного слоя.

Наличие дополнительного плоского кольцевого диска 9 обеспечивает формирование зазора между потоком более плотной жидкости и промежуточного слоя, который подвергается распылению в камере разделения 10.

Таким образом, разделение эмульсий в предлагаемом устройстве происходит под действием центробежных сил, создаваемых вращающейся конической насадкой. С целью повышения эффективности разделения поток эмульсии делится на три слоя, при этом промежуточный слой, где содержатся обе жидкости, подвергается дополнительному разделению методом распыла в камере разделения. Это позволяет снизить стойкость эмульсии и повысить качество разделения. За счет того, что в процессе разделения происходит выделение из потока трех слоев удается снизить частоту вращения насадки, что позволит уменьшить потребление энергии по сравнению с центрифугами.

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

**В.А. Тихомиров, А.А. Боровков, А.В. Проворов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Описывается устройство регулирующего клапана новой конструкции. Приводятся результаты численных исследований напряженного состояния и течения жидкости внутри клапана в процессе его эксплуатации. Показано, что клапан имеет равнопрочную конструкцию при малой вероятности наличия зон кавитации.*

**Ключевые слова:** клапан, напряженное состояние, численное моделирование, течение жидкости, кавитация

## **NUMERICAL SIMULATION OF THE OPERATION OF A NEW DESIGN CONTROL VALVE**

**V.A. Tikhomirov, A.A. Borovkov, A.V. Provorov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The device of the control valve of a new design is described. The results of numerical studies of the stress state and fluid flow inside the valve during its operation are presented. It is shown that the valve has an equal strength design with a low probability of the presence of cavitation zones.*

**Keywords:** valve, stress state, numerical simulation, fluid flow, cavitation

Регулирование потоков жидкости в промышленности на сегодняшний день является актуальной темой для специалистов, занятых изучением и проектированием регулирующей арматуры. Регулирующие клапаны применяются для регулирования и перекрытия рабочих сред

жидкостей и газов [1]. На кафедре технологических машин и оборудования ЯГТУ разработан клапан новой конструкции [2], который имеет ряд преимуществ по сравнению с клапаном с плунжерным затвором со свободно устанавливаемым седлом.

В разработанном клапане к боковой поверхности цилиндрического выступа (рис. 1), размещенного на нижнем конце плунжера, присоединена полая цилиндрическая насадка, высота которой больше толщины цилиндрического выступа. На поверхности насадки, не контактирующей с боковой поверхностью цилиндрического выступа, выполнены сквозные отверстия, размещенные кольцевыми рядами, а в седле выполнена кольцевая впадина, диаметр и толщина которой равны толщине и диаметру полой цилиндрической насадки.

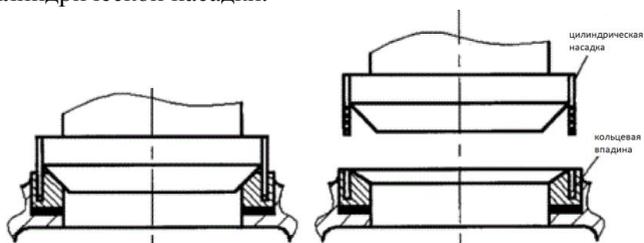


Рис. 1. Схема устройства и работы клапана

Эта конструкция позволяет предотвратить возникновение кавитации и обеспечивает достаточную герметичность в закрытом положении.

На основании полученного патента на новую конструкцию клапана в программе Autodesk Inventor была разработана трехмерная модель сборки клапана (рис. 2).

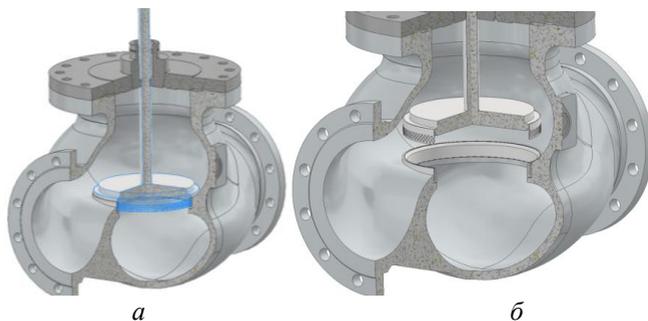
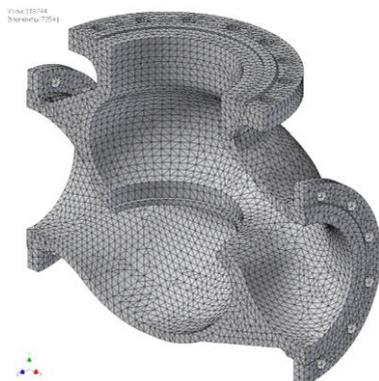


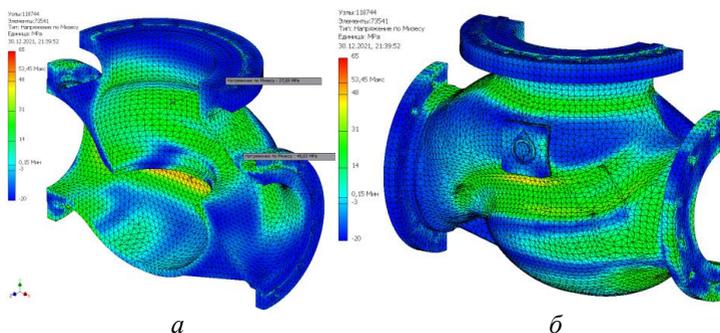
Рис. 2. Трехмерная модель конструкции клапана:  
*а* – клапан закрыт, *б* – клапан открыт

В системе Autodesk Inventor был проведен численный расчет корпуса клапана на внутреннее давление 1,6 МПа, по результатам которого подбирались толщины стенок. На рис. 3 представлена конечно-элементная модель корпуса. Были использованы трехмерные конечные элементы в виде тетраэдров с тремя степенями свободы в узлах. Рассчитывалась симметричная половина конструкции.



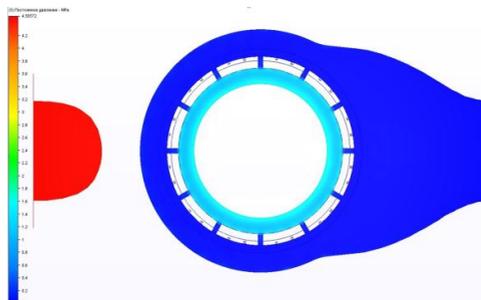
**Рис. 3. Сетка конечных элементов**

На рис. 4 представлены результаты расчета напряжений по Мизесу. Максимальные напряжения составляют 53.5 МПа, что обеспечивает четырехкратный запас прочности по пределу текучести. Можно видеть, что модель имеет равнопрочную конструкцию. Для участка модели, имеющего на внутренней поверхности небольшое повышение напряжений, на наружной поверхности напряжения снижены.



**Рис. 4. Напряжения по Мизесу:  
а – вид изнутри, б – вид снаружи**

В программе Autodesk CFD проводились исследования течения жидкости в процессе работы клапана. На рис. 5 показана картина распределения давления в плоскости, нормальной к оси цилиндрической насадки и проходящей через отверстия этой насадки в момент открытия клапана. Можно видеть, что давление постепенно снижается при прохождении через отверстие.



**Рис. 5. Картина распределения давления**

На рис. 6 представлен график снижения давления жидкости при прохождении через отверстие в насадке.



**Рис. 6. График изменения давления**

По графику видим, что давление снижается достаточно плавно, нет резких скачков от низкого давления к высокому и на оборот. Это говорит о том, что возникновение такого опасного явления, как кавитация, которая приводит к разрушению материала клапана, маловероятно. Констан-

рукция клапана работоспособна, достаточно надежна с точек зрения прочности и долговечности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гуревич Д.Ф.* Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. 5-е изд. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 480 с.
2. Пат. 2759882 Российская Федерация, МПК F16L 3/205. Регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.В. Проворов, А.А. Александров. Опубл. 18.11.2021.

УДК 66.2

## **МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА ПОДВИЖНЫХ КОРПУСНЫХ ОПОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Е.А. Шлякова, А.А. Большаков, А.В. Проворов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Приводится методика численного расчета на прочность подвижных приварных корпусных опор технологических трубопроводов. Предлагается расчетная модель конструкции и способы задания граничных условий. Описываются результаты расчета опоры при различных коэффициентах сползания.*

***Ключевые слова:** опора, технологический трубопровод, метод конечных элементов, расчет на прочность*

## **METHODOLOGY FOR NUMERICAL CALCULATION OF MOVABLE CASING SUPPORTS OF TECHNOLOGICAL PIPELINES**

**E.A. Shlykova, A.A. Bolshakov, A.V. Provorov**

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

Yaroslavl State Technical University

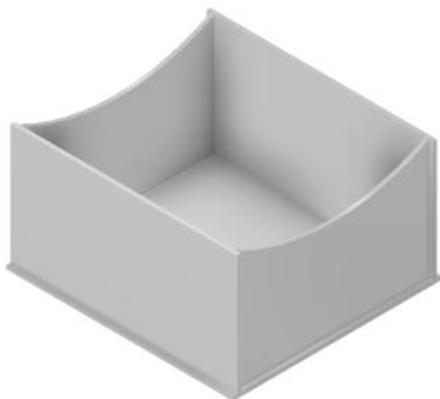
*A technique for numerical calculation of the strength of movable welded casing supports of technological pipelines is given. A calculation model of the structure and methods for specifying boundary conditions are proposed. The results of the calculation of the support at various slip coefficients are described.*

***Keywords:** support, technological pipeline, finite element method, strength analysis*

При проектировании технологических трубопроводов широко применяются подвижные корпусные приварные опоры. Их выбор определяется ОСТ 36-146-88 «Опоры стальных технологических трубопро-

водов на  $P_y$  до 10 МПа» [1]. На рис. 1 представлен один из вариантов конструкции опоры. Опора имеет сварную конструкцию, содержит горизонтальный опорный лист, взаимодействующий с подпорной конструкцией, и вертикальные стенки, верхняя кромка которых приваривается к трубе.

Опоры воспринимают вертикальную нагрузку от веса трубопровода. В процессе эксплуатации в результате температурных удлинений трубопровода опоры перемещаются относительно подпорной конструкции. В месте контакта опор возникают силы трения, создающие изгибающие моменты, которые необходимо учитывать при расчете на прочность выбранной опоры.

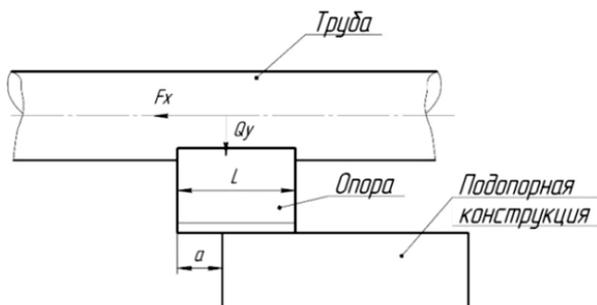


**Рис. 1. Конструкция опоры**

При перемещении опоры может произойти ее частичное сползание с подпорной конструкции (рис. 2). При этом в конструкции опоры возникают локальные деформации, создающие сложное напряженное состояние, которое можно анализировать численными методами [2]. Целью исследования является создание методики расчета и численное изучение влияния величины сползания опоры с подпорной конструкции на ее работоспособность.

В качестве независимого параметра, определяющего величину сползания, используется безразмерный коэффициент  $k_c = a/L$ , называемый коэффициентом сползания. Со стороны трубы на опору действуют вертикальная нагрузка  $Q_y$  и горизонтальная осевая сила  $F_x$ , преодолевающая силы трения.

Создание трехмерной модели и численные исследования проводились в системе Autodesk Inventor с помощью интегрированного модуля расчетов на прочность методом конечных элементов (МКЭ).



**Рис. 2. Сползание опоры за пределы подопорной конструкции**

При расчете существует ряд проблем на этапах создания модели опоры и задания граничных условий. Опора верхними ребрами взаимодействует с трубой, а нижней гранью с подопорной конструкцией. Трубы могут иметь разные длины, диаметры и толщины стенок, подопорные конструкции различную форму и жесткость, что в целом оказывает влияние на напряженное состояние опоры. Подробное моделирование всех возможных вариантов не представляется возможным. Поэтому реализована следующая методика численных исследований.

Взаимодействие опоры с трубой моделировалось путем подавления всех степеней свободы узлов элементов на верхних гранях опоры. Подопорная конструкция в расчетной модели представлялась в виде массивной плиты, обладающей как жесткое целое тело одной степенью свободы – возможностью перемещения в вертикальном направлении (направлении действия нагрузки). Вертикальная нагрузка  $Q_y$  прикладывалась к нижней грани этой плиты, а горизонтальная нагрузка  $F_x$  – к нижней грани опоры.

На рис. 3 приведены расчетная модель опоры и схема задания граничных условий. Опора является симметричной по форме, нагрузкам и условиям опирания, что позволяет моделировать половину конструкции, и тем самым ускорять процесс расчета. Для указания того, что в реальной конструкции имеется вторая симметричная половина, использована зависимость «Скользящая опора» для граней опоры и подпоры, лежащих в плоскости симметрии (см. рис. 3).

Вертикальная нагрузка, воспринимаемая опорой, прикладывалась к нижней грани подопорной конструкции. Для обеспечения передачи вертикального усилия на конструкцию опоры для боковых граней подопорной конструкции задана зависимость – «Скользящая опора» (см. рис.

3). Она подавляет возможность перемещения детали в направлении нормали к опорным поверхностям.

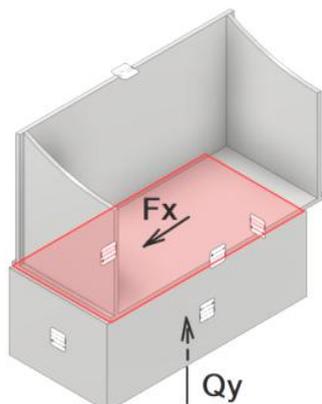


Рис. 3. Задание граничных условий

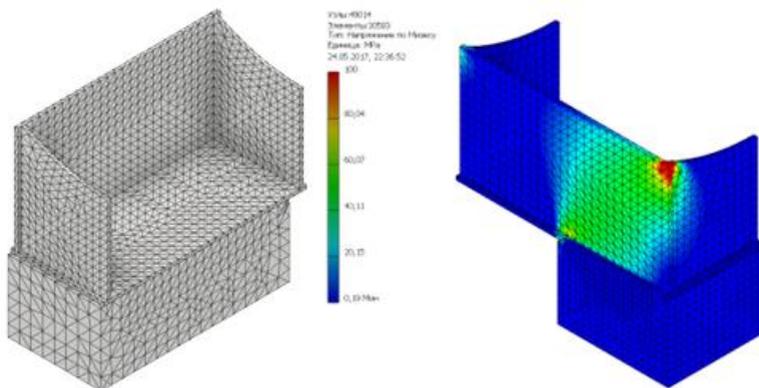
Между деталями сборки – опорой и подопорной конструкцией существует подвижное соединение. В процессе работы они перемещаются друг относительно друга и могут частично разъединяться. Данный вид контакта моделируется в системе Autodesk Inventor инструментом «Разделение».

Для проведения расчета конструкцию необходимо закрепить в пространстве таким образом, чтобы исключить возможность ее перемещения в пространстве как единого целого тела. Опора верхней своей частью неподвижно закрепляется (приваривается) к трубе. Для моделирования данного жесткого закрепления использована зависимость системы Inventor – «Фиксация». Она подавляет все степени свободы (все возможные перемещения) для узлов конечных элементов, расположенных на верхней грани опоры.

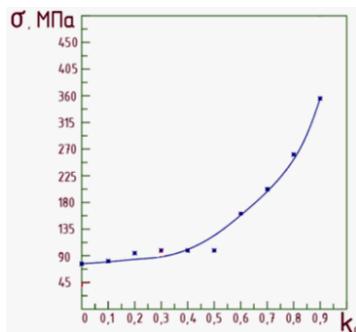
В качестве вертикальной нагрузки взята максимально допустимая нагрузка по ОСТ 36-146-88. К нижней площадке опоры прикладывалась сила трения, равная  $F_x$ , для ее расчета использовался коэффициент трения 0,3.

На рис. 4 представлена сетка КЭ модели и один из вариантов расчета на прочность.

Были рассчитаны максимальные напряжения по Мизесу при различных коэффициентах сползания  $k_c$ . Результаты исследования влияния степени сползания опоры на напряжения в конструкции представлены на рис. 5.



**Рис. 4. Сетка конечных элементов и картина распределения напряжений**



**Рис. 5. Зависимость напряжений от коэффициента сползания**

Можно видеть, что сползание опоры на величину до 50% приводит к относительно небольшому увеличению максимальных напряжений (не более 50%). При сползании опоры на величину более 50% происходит существенный рост максимальных напряжений, что следует учитывать при проектировании трубопроводов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 36-146-88. Опоры стальных технологических трубопроводов на  $P_y$  до 10 МПа.
2. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 543 с.

## ГИДРОДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ

**А.А. Муйдинов, Э.В. Корабоев, Ш.У. Джураев, А.А. Ахунбаев**

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

Ферганский политехнический институт

*В статье проанализированы параметры движения материалов в сушильном барабане: степень распределения материала по поперечной поверхности аппарата, среднее время его пребывания в аппарате и степень загрузки. В качестве модельного материала в опытах использовали минеральное удобрение, произведенное в суперфосфатном цехе цеха АС-72 АО “Farg’onaazot”.*

**Ключевые слова:** сушильный барабан, степень распределения, среднее время пребывания, степень загрузки, длина падения, минеральное удобрение

## HYDRODYNAMICS OF DISPERSED MATERIAL MOVEMENT IN THE DRYING DRUM

**A.A. Muidinov, E.V. Koraboev, Sh.U. Juraev, A.A. Akhunbayev**

**Scientific supervisor – A.A. Akhunbayev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ferghana Polytechnic Institute

*In the article, the parameters of the movement of materials in the drying drum were analyzed: material distribution degree over the transverse surface of the drier, the average time of its stay in the apparatus and the degree of loading. As a model material in the experiments, we used a mineral fertilizer produced in the superphosphate shop of the AS-72 shop at “Farg’onaazot” JSC.*

**Keywords:** dryer drum, distribution degree, average residence time, load degree, fall length, mineral fertilizer

В химической и смежных отраслях промышленности процесс сушки является одними из наиболее энергоемких стадий технологических линий и в большинстве случаев определяют качественные показатели и внешний вид продукта, его физико-химические свойства.

Для моделирования процессов сушки исследователями были предложены различные модели. Процессы тепло- и массообмена можно интенсифицировать за счет улучшения условий контакта высушиваемого материала и теплоносителя. Для этого требуется распределительное устройство, позволяющее равномерно распределять материал по всей внутренней поверхности барабана.

Более полное использование энергии горячих газов может быть достигнуто за счет ускорения процессов тепломассообмена между газом и твердой фазой в сушильном барабане. Решение этой проблемы достигается за счет увеличения поверхности и времени контакта между газом и твердой фазой. Среди различных рассмотренных вариантов наиболее важными являются:

- обеспечить равномерное распределение материала по сечению барабана;

- повышение коэффициента заполнения барабана материалом;

- увеличить времени нахождения в зоне сушки частиц материала.

Зная количество материала в насадке и распыляемого из насадки, очень важно при определении оптимального коэффициента загрузки устройства. Тот факт, что количество материала в барабане меньше оптимального значения, приводит к снижению его производительности. И наоборот, избыток материала приведет к образованию в аппарате слоя, не участвующего в процессе сушки, и перегрузит аппарат. Это приводит к снижению интенсивности процесса сушки и излишним энергозатратам.

Важным параметром, определяющим процесс сушки, является среднее время пребывания материала в аппарате. Первым, кто определил это время, были S.J. Friedman и W.P. Marshal. По результатам лабораторных исследований барабанной сушилки диаметром 0,203 м и длиной 1,2 м с использованием кварцевого песка гранулометрического состава 2÷10 мм предложили следующее эмпирическое уравнение для изменения времени пребывания материала в аппарате в зависимости от угла наклона барабана [1]:

$$\tau = \frac{0,294L_6}{D_6 n^{0,9} \operatorname{tg} \alpha} \cdot \quad (1)$$

На основании уравнения S.J. Friedmana и W.P. Marshala исследователь Арруда предложил уточненное уравнение [2].

$$\bar{\tau} = L_t \left( \frac{0.1962}{\alpha N_R^{0.9} D} \pm \frac{0.00036 G_f}{G_s d_p^{0.5}} \right), \quad (2)$$

где  $G_s$  – расход твердого вещества (кг/мин),  $G_f$  – расход газа (кг/мин),  $d_p$  – диаметр частицы (м),  $D$  – диаметр сушилки (м) и  $L_t$  – ее длина (м) .

Анализ данных уравнений показал, что время нахождения материала в барабане обратно пропорционально изменению скорости вращения барабана.

Экспериментальные исследования проводились на полигоне кафедры и на сушильном барабане  $\text{Ø}2,4 \times 10$  метров в цехе производства суперфосфата АС-72 АО “Farg’onaazot”. Для определения наиболее целесообразной конструкции барабанных насадок были проведены исследования с L-образной плоской насадкой, параллельным оси вращения аппарата, трехсоставной насадкой под углом к оси вращения аппарата и U-образной насадкой, параллельной оси вращения барабана.

Пример определения степени заполнения материала барабана приведен на рис. 1, а полученные значения приведены в таблице 1.



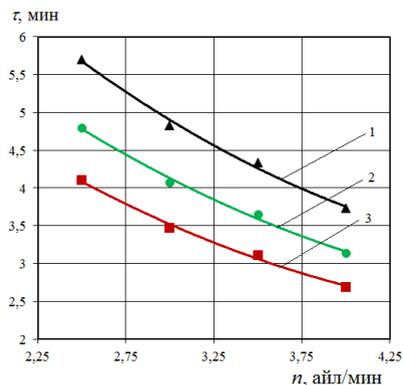
**Рис. 1. Образец фото для определения степени заполнения поперечной поверхности барабана**

Анализируя результаты этих исследований можно сделать вывод, что в данном случае по равномерности распределения материала, U-образная насадка показывает явное преимущество чем другие типы насадок, так как покрытие поверхности барабана распределением материала было более полным. В ходе опытов определяли среднее время пребывания минерального удобрения в лабораторной установке при различных значениях числа оборотов барабана и угла наклона барабана.

**Таблица 1**

Диаметр барабана $D$ , м	Число оборотов барабана об/мин	L-образная плоская насадка	Трехсоставная насадка	U-образная насадка
0,4	2,5	55	58	71
0,4	3,0	56	59	73
0,4	3,5	58	61	73
0,4	4,0	58	63	75
2,0	2,5	57	63	74
2,0	3,0	60	64	77

Среднее время пребывания продукта измеряли в лабораторной сушилке с помощью индикаторов (окрашенных частиц). В ходе опытов число оборотов барабана установили в диапазоне  $n = 2,5-4,0$  об/мин, с шагом 0,5 об/мин, а наклон барабана установили  $\alpha = 1^\circ$ ,  $\alpha = 2^\circ$  и  $\alpha = 3^\circ$  относительно горизонта. На рис. 2 показано сравнение между экспериментально полученным временем пребывания и временем пребывания, рассчитанным по уравнению (2).



**Рис. 2. Зависимость среднего времени пребывания материала в аппарате от числа оборотов барабана:**

1 - при угле наклона барабана  $\alpha = 1^\circ$ ; 2 - при  $\alpha = 2^\circ$ ; 3 - при  $\alpha = 3^\circ$

Эти результаты согласуются с решениями уравнения (2). Отсюда мы видим, что увеличение времени нахождения материала в аппарате обратно пропорционально изменению угла наклона барабана.

Следующие эмпирические уравнения были получены из экспериментальных результатов с использованием метода наименьших квадратов:

$$y = 0,27x^2 - 3,037x + 11,582 \quad R^2 = 0,9947 \quad (3)$$

$$y = 0,22x^2 - 2,51x + 9,68 \quad R^2 = 0,9946 \quad (4)$$

$$y = 0,21x^2 - 2,283x + 8,4785 \quad R^2 = 0,9949 \quad (5)$$

Обобщая вышеизложенное, мы видим, что интенсификация сушки материалов в барабанной сушилке зависит от поверхности завесы материала, падающей из насадок барабанной сушилки. В свою очередь, обеспечение увеличения рассеивающей поверхности материала по сечению барабана будет зависеть от конструкции сушильных насадок.

Необходимо учитывать, что на значение коэффициента заполнения материала влияют угол наклона барабана, скорость его вращения и скорость сушильного агента.

Приведенные выше уравнения можно использовать для определения времени пребывания высушиваемого материала в аппарате и на этой основе для расчета общего процесса сушки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Friedman S.J.* Studies in rotary drying / S.J. Friedman, W.R. Marshall // Chem. Eng. Progr. 1949. V. 45, № 9. P. 573-588.
2. *Arruda Edu Barbosa.* Comparação do desempenho do secador roto-fluidizado com o secador rotatório convencional: secagem de fertilizantes. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharias). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
3. *Perry R.H.* Chemical Engineers Handbook / R.H. Perry, D.W. Green. New York: McGraw-Hill, 1999

## **ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ МАТЕРИАЛА В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ**

**Р.Х. Миршарипов, Х.А. Хакимов, И.И. Улмасов**

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

Ферганский политехнический институт

*В статье исследуется влияние гидродинамических режимов на температуру высушиваемого минерального удобрения на выходе из барабанной сушилки. Из анализа существующих конструкций насадок, их рабочие параметры были проанализированы на основе многоступенчатого системного анализа на основе программы MATLAB, была разработана улучшенная расчетная схема двухкомпонентной насадки.*

**Ключевые слова:** сушка минерального удобрения, сушильный барабан, двухкомпонентная насадка, производительность сушилки, угол наклона насадки, скорость теплоносителя, температура теплоносителя

## **EFFECTS OF HYDRODYNAMIC REGIMES ON THE TEMPERATURE OF THE MATERIAL IN DRUM DRYERS**

**R.H. Mirsharipov, H.A. Khakimov, I.I. Ulmasov**

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

Ferghana Polytechnic Institute

*The article examines the influence of hydrodynamic regimes on the temperature of the dried mineral fertilizer at the outlet of the drum dryer. From the analysis of existing nozzle designs, their operating parameters were analyzed on the basis of a multi-stage system analysis based on the MATLAB program, an improved design scheme of a two-component nozzle was developed.*

**Keywords:** drying of mineral fertilizer, drying drum, two-component nozzle, dryer performance, nozzle tilt angle, coolant velocity, coolant temperature

Сушка материалов – один из самых энергоемких процессов в технологической линии. Использование этого процесса важно для определения качества готового продукта. Стоимость термической сушки составляет 10% от общей стоимости технологического процесса. В этом контексте актуально создание высокоэффективных, энергосберегающих режимов сушки, а также регулирование и оптимизация процессов теплообмена в сушилках.

Из литературы источников известно, что процесс сушки зависит от размера материала, влажности, гидродинамики движения материала и высушающего агента, параметров внутренней и внешней среды. Сочетание этих факторов определяет условия процесса сушки. Поэтому в промышленности используются различные методы и устройства в зависимости от физических, химических и механических свойств материала, подлежащего сушке.

Хотя простота, высокая эффективность и универсальность конструкции барабанных сушилок позволяют широко использовать их в различных отраслях народного хозяйства, есть такие вопросы, как повышение интенсивности процесса сушки, снижение гидравлического сопротивления в устройстве, рациональное использование обогревающего агента и минимизация энергопотребления по-прежнему требуют исследований.

Для оценки влияния конструкции насадки на гидродинамические параметры аппарата и процессы теплообмена было разработана лабораторная барабанная сушилка и проведены эксперименты (рис. 1).

В экспериментах изучалось влияние скорости теплоносителя на температуру материала. Эксперименты проводились на лабораторной установке по определению кинетических кривых процесса сушки минеральных удобрений. Для проведения исследований выбраны следующие значения переменных параметров: производительность барабана  $G_M = 0,18; 0,32; 0,46$  кг/с, скорость теплоносителя в барабане  $v = 1,4 \div 14,2$  м/с и число оборотов барабана  $n = 2,5; 3,0; 3,5; 4,0$  об/мин.

В эксперименте исходные параметры имели следующие значения. Начальная влажность увлажненных минеральных удобрений составляла 29%. Начальная температура теплоносителя, выходящего из нагревателя, была установлена на уровне 100 °С. Температура воздуха на входе и выходе из барабана измерялась прибором АНЕМОМЕТР ВА06–TROTEC.

Начальную температуру материала измеряли термометром ТС-4. Температура, при которой высушиваемый материал поступает в барабан, составляла 21 °С. В качестве критериев оценки для проведения многофакторных экспериментов были приняты температура охлаждения удобрения (Y1), гранулированный состав материала (Y2) и гидравлическое сопротивление барабана (Y3).



**Рис. 1. Общий вид барабанной сушилки**

Предполагая, что влияние факторов на критерии оценки будет полностью охватывать полином второй степени, эксперименты проводились на основе плана HARTLI-4.

Чтобы уменьшить влияние неконтролируемых факторов на критерии оценки, последовательность экспериментов была определена с использованием таблицы случайных чисел 1/17, и эксперименты были повторены 5 раз по отдельности.

Были выбраны среднеарифметические значения экспериментальных результатов. Результаты экспериментов обрабатывались в соответствующем порядке, адекватно представляющие критерии оценки, были получены по программе уравнения регрессии HARTLI-4 программы «PLANEX», и построены графики зависимости переменных от критериев (рис. 1, 2).

Температура охлаждения удобрения в устройстве определяется по следующему уравнению регрессии, °С:

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & +133.8952 + 35.563 X_1 + 0.000 X_2 + 154.300 X_3 + 18.2967 X_4 + \\
 & + 64.683 X_1X_1 + 45.287 X_1X_2 - 45.238 X_1X_3 - 44.679 X_1X_4 + 62.984 X_2X_2 - \\
 & - 22.7521 X_2X_3 - 19.629 X_2X_4 - 88.350 X_3X_3 + 45.196 X_3X_4 - \\
 & - 119.949 X_4X_4.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Гидравлическое сопротивление барабана определяется по следующему уравнению регрессии, кПа:

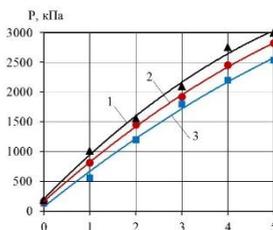
$$\begin{aligned}
 Y = & + 1329.121 + 3555.5 X_1 + 3620.0 X_2 + 1541.13 X_3 + 1827.20 X_4 + \\
 & + 2556.7 X_1X_1 + 4520.2 X_1X_2 - 4521.8 X_1X_3 - 4457.8 X_1X_4 + 3879.9 X_2X_2 - \\
 & - 2274.50 X_2X_3 - 1937.3 X_2X_4 - 1728.1 X_3X_3 + 2117.0 X_3X_4 - \\
 & - 1088.21 X_4X_4.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Для определения факторов, влияющих на исследуемые процессы, на гидравлическое сопротивление устройства, оптимальных значений энергозатрат, уравнения регрессии решались отдельно по заданным критериям. В данном случае температура охлаждения удобрения была принята выше 30-40 °С, а гидравлическое сопротивление барабана

составляло 3,4-4 кПа. Эта задача была решена на ПК «Pentium IV» с помощью программы Excel «Поиск решений», получены оптимальные значения переменных в закодированном виде и закодированные значения преобразованы в натуральные значения. Таким образом, оптимальные параметры значений определяемых критериев были стандартизированы и составили: производительность сушилки (X1)-0,39 кг/с, угол наклона насадки (X2)-35,6°, скорость теплоносителя (X3)-10,26 м/с и температура теплоносителя (X4)- 50,4 °С.



**Рис. 2. Зависимость температуры удобрений от переменных факторов и зон барабана**



**Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления от переменных факторов и зон барабана**

При данных значениях факторов температура охлаждения удобрения (Y1) -36,5 °С, гранулометрический состав (Y2) - 10,4% менее 1 мм, 30,9% в пределах 1 ÷ 3 мм, 43,6% в пределах 3÷5 мм, 5÷10 мм в пределах 11,4% и более 10 мм составило 3,7%, а гидравлическое сопротивление барабана (Y3) было принято равным -2142 Па. Эти значения полностью удовлетворяют заданным технологическим параметрам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А.В. Методология совершенствования и расчета барабанных сушильных агрегатов: Автореф. дис. ... д-ра наук. Шымкент, 1999. 312 с.
2. Романков П.Г. Массообменные процессы химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов. Л.: Химия, 1990. 388 с.
3. Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате / Р.Ж. Тожиев, А.А. Ахунбаев, Р.Х. Миршарипов, М.М.К. Муллажоннова, М.М.У. Йигиталиев // Universum: технические науки. 2021. V. 8-1, № 89. С. 31-36.

## СОЗДАНИЕ ПЕРЕДВИЖНОГО ТУРБОАГРЕГАТА

**А.М. Тюсин**

Научный руководитель – **Р.Ю. Шленкин**, старший преподаватель

Ивановский государственный энергетический университет  
Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина

*Рассмотрена проблема увеличения обеспечения электричеством отдаленных от населенных пунктов участков страны. Представлен способ доставки турбоагрегата к данным отдаленным участкам и дальнейшее использование электроэнергии в кратчайшие сроки.*

**Ключевые слова:** турбоагрегат, электроэнергия, мобильность

## CREATION OF A MOBILE TURBO UNIT

**A.M. Tyusin**

Scientific Supervisor – **R.Yu. Shlenkin**, Senior Lecturer

Ivanovo State Power Engineering University  
Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin

*The problem of increasing the supply of electricity to areas of the country remote from settlements is considered. A method for delivering a turbine unit to these remote areas and further use of electricity in the shortest possible time is presented.*

**Keywords:** turbine unit, electric power, mobility

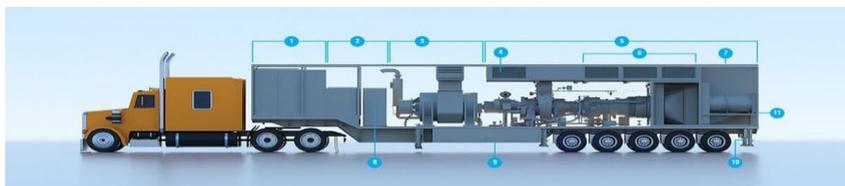
В современном мире стоит проблема обеспечения электроэнергией отдаленных участков страны. Зная, что таких отдаленных участков может становиться больше вследствие открытия разного рода месторождений, можно сказать, что передвижные источники энергии будут полезны в современном мире.

Разработка таких передвижных установок позволит быстрее оборудовать электричеством удаленные участки, к которым не целесообразно протягивать стационарное электрооборудование. Это лучшее решение для электроснабжения нефтяных месторождений,

удаленного электроснабжения и питания разного рода оборудования в промышленности, а также в чрезвычайных ситуациях, таких как стихийные бедствия, где важна быстрая подача энергии. Конструкция с одним прицепом представляет собой полноценную мобильную электростанцию с широким выбором топливного состава. Данное решение создано на основе газотурбинной генераторной установки [1].

Такая разработка энергетических установок, работающих дистанционно, достаточно сложная задача. Так как в них должны входить такие качества, как низкое количество выбросов парниковых газов в атмосферу и высокую экономичность. Задачей такой установки будет работа в труднодоступных местах. Такой турбоагрегат должен уметь работать на разных видах топлива и иметь достаточно высокий КПД.

В состав такой передвижной турбоустановки будет входить (см. рис. 1): 1) отсек для электрооборудования; 2) отсек среднего напряжения; 3) отсек генератора; 4) входной фильтр вентиляции генератора; 5) турбинный отсек; 6) встроенный воздухозаборный канал и фильтры; 7) выхлоп; 8) точка подключения среднего напряжения; 9) газовая топливная система; 10) домкрат с автоматическим выравниванием; 11) вентиляторы вентиляции корпуса.



**Рис. 1. Компоненка передвижного турбоагрегата**

Передвижные турбоагрегаты необходимы для сложных условий бурения скважин, компактная конструкция с одним прицепом обеспечивает высокую удельную мощность при небольшой занимаемой площади.

Отдельное внимание уделено разработке газовой турбины, т.к. она должна быть компактной и неприхотливой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Energy Outlook 2018. URL: <https://www.solarturbines.com>

# СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 006.1

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПОЛИЛАКТИДА (PLA), ИСПОЛЬЗУЕМОГО В МЕДИЦИНЕ, И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ

**Е.В. Александров, Е.О. Побегалова**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье дается оценка способности полилактида (PLA), используемого в медицине, к биологическому разложению при благоприятных и неблагоприятных условиях окружающей среды, а также влияние примесей на скорость гидролиза и начало биоразложения изделий из PLA.*

**Ключевые слова:** полилактид, PLA, биоразложение, термическая нестабильность, сертификация медицинских изделий

## BIOLOGICAL DECOMPOSITION OF POLYLACTIDE (PLA) USED IN MEDICINE AND FACTORS AFFECTING THE RATE OF DECOMPOSITION

**E.V. Aleksandrov, E.O. Pobegalova**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article assesses the ability of polylactide (PLA) used in medicine to biodegrade under favorable and unfavorable environmental conditions, as well as the effect of impurities on the rate of hydrolysis and the beginning of biodegradation of PLA products.*

**Keywords:** polylactide, PLA, biodegradation, thermal instability, certification of medical devices

Полилактид (ПЛА, PLA) – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Сырьем для производства служат ежегодно возобновляемые ресурсы, такие как кукуруза и сахарный тростник.

Согласно ГОСТ ISO 2076-2015 Межгосударственный стандарт «Материалы текстильные. Химические волокна. Общие наименования», полилактид (PLA) – волокно, составленное линейными макромолекулами, имеющими в основной полимерной цепи не менее 85% по массе сложного эфира молочной кислоты.

Используется для производства изделий с коротким сроком службы (пищевая упаковка, одноразовая посуда, пакеты, различная тара), а также в медицине, для производства хирургических нитей и штифтов (обычно данный материал проходит специальную медицинскую сертификацию).

Сертификация медицинских изделий проводится согласно требованиям ГОСТ 31508-2012 "Изделия медицинские. Классификация в зависимости от потенциального риска применения. Общие требования", принятого 24.05.2012 г. Медицинскими изделиями, согласно указанного ГОСТа, называют устройства, приборы, аппараты, комплекты, программное обеспечение, инструменты, перевязочные, стоматологические, шовные материалы, реагенты, а также изделия из стекла, резины, пластмассы, применяющиеся в медицинских целях.

Разложение PLA происходит главным образом за счет расщепления основных цепей или боковых цепей макромолекул. В природе деградация полимера индуцируется термической активацией, гидролизом, биологической активностью (т.е. ферментами), окислением, фотолизом или радиоллизом. Биоразложение достигается путем синтеза полимеров, которые имеют гидролитически нестабильные связи в основной цепи.

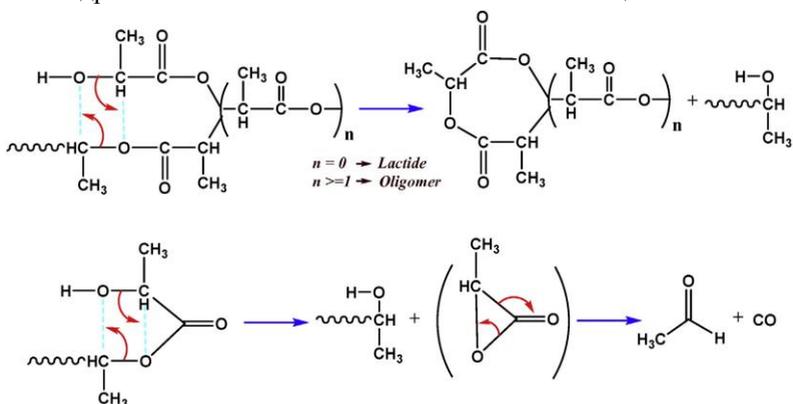


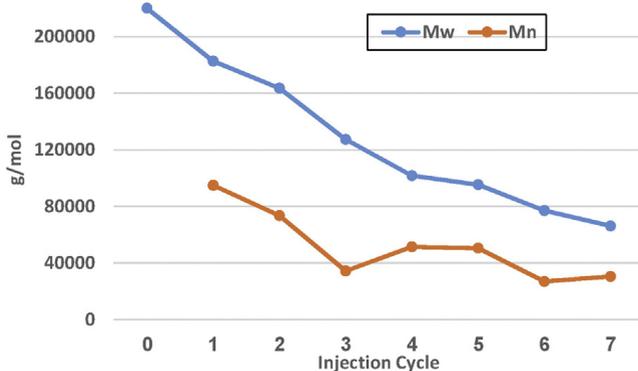
Рис. 1. Термическая деградация PLA

**Таблица 1. Эволюция механических свойств биокompозитов льна/PLA при различном содержании волокон в процессе переработки**

Механические свойства после	Механические свойства	Материал		
		PLA	Биокompозиты льна/PLA (20%)	Биокompозиты льна/PLA (30%)
первого цикла	E (МПа)	3620 ± 67	6395 ± 515	7320 ± 380
	σ (МПа)	60.1 ± 1.7	55.5 ± 4.1	53.1 ± 2.8
	ε (%)	2.4 ± 0.4	1.4 ± 0.2	1.1 ± 0.1
шести циклов	E (МПа)	3518 ± 192	5633 ± 247	6760 ± 183
	σ (МПа)	27.8 ± 8.9	29.8 ± 3.9	16.3 ± 2.7
	ε (%)	0.9 ± 0.4	0.7 ± 0.1	0.2 ± 0.1
Изменение механических свойств циклов с 1 по 6 (%)	E (МПа)	-2,8	-12	-7,7
	σ (МПа)	-53,8	-46,3	-69,4
	ε (%)	-72.5	-47.6	-77.7

Наиболее распространенными химическими функциональными группами являются сложные эфиры, ангидриды, ортоэфиры и амиды. Способность PLA к биологическому разложению является важнейшей характеристикой материала и наиболее важной причиной высокого интереса к его использованию как в медицине, так и в промышленности. Процессы разложения PLA изучаются как в организме животных, так и в организме человека для медицинских применений, таких как имплантация, наложение хирургических швов и материалов для доставки лекарств. В этих средах PLA первоначально разлагается путем гидролиза. Как показано на рис. 2, расщепление сложноэфирных связей поглощенной водой приводит к последовательному снижению Mw. Скорость этого гидролитического разложения в первую очередь зависит от температуры и влажности. Также скорость гидролитической деградации зависит от температуры. PLA имеет относительно длительный период полураспада гидролиза из-за стерических эффектов, когда алкильная группа препятствует воздействию воды, например, стент PLA, не начинает разрушаться примерно до 12 месяцев. С другой стороны, разрушение PLA при утилизации в окружающей среде является более сложной задачей, поскольку PLA в значительной степени устойчив к воздействию микроорганизмов в почве или сточных водах в неблагоприятных условиях. Полимер сначала должен быть гидролизован при повышенных температурах (около 60 °C) для снижения Mw до начала биodeградации. В условиях высокой температуры и высокой влажности, как, например, в активном компосте, PLA быстро разлагается и распадается в течение от нескольких недель до не-

скольких месяцев. Основной механизм деградации происходит в результате двухступенчатого процесса, начинающегося также с гидролиза, за которым следует бактериальная атака на фрагментированные остатки. На начальных стадиях деградации полиэфирные цепи с высокой Mw гидролизуются до олигомеров с низкой Mw. Когда средняя Mw достигает примерно 10 000 Да, микроорганизмы, присутствующие в почве, начинают переваривать олигомеры молочной кислоты с более низкой Mw, образуя углекислый газ и воду. Скорость гидролиза ускоряется кислотами или щелочами и зависит от содержания влаги и температура. Продукты PLA быстро разлагаются как в аэробных, так и в анаэробных условиях компостирования. Процесс также зависит от химических и физических характеристик полимера. К ним относятся диффузионная способность, пористость, морфология, сшивание, чистота, химическая реакционная способность, механическая прочность, термостойкость и в некоторых случаях устойчивость к электромагнитному излучению. Было обнаружено, что деградация PLA зависит от ряда факторов, таких как Mw, кристалличность, чистота, температура, pH, наличие концевых карбоксильных или гидроксильных групп, водопроницаемость, и добавки, действующие каталитически, которые могут включать ферменты, бактерии или неорганические наполнители. При типичных условиях эксплуатации PLA очень стабилен и сохранит свои механические и физические свойства в течение многих лет. Это характерно для его растущего использования в одежде и вещах длительного использования. Высококачественный PLA также обладает естественной устойчивостью к росту бактерий и грибов, что позволяет безопасно использовать его в таких областях, как упаковка пищевых продуктов и санитария.



**Рис. 2. Эволюция молекулярной массы (Mw) и PLA в зависимости от циклов впрыска**

Что касается имплантируемых медицинских устройств, то после имплантации в организм биоразлагаемое устройство должно сохранять механические свойства до тех пор, пока в нем больше не отпадет необходимость, а затем разлагаться, поглощаться и выводиться организмом, не оставляя следов. Однако биodeградация полукристаллического PLA происходит в две фазы. На первой фазе вода проникает в основную часть устройства, преимущественно разрушая химические связи в аморфной фазе (благодаря способности воды проникать в аморфную фазу, но не в кристаллическую фазу) и превращая длинные полимерные цепи на более короткие, в конечном счете водорастворимые фрагменты. Поскольку это происходит в аморфной фазе, первоначально происходит уменьшение Мвт без ухудшения физических свойств, поскольку матрица устройства все еще удерживается вместе кристаллическими областями. За снижением МВт вскоре следует снижение физических свойств, поскольку вода начинает разрушать устройство. Эти изменения могут иметь последствия для устройств, которые несут нагрузку на протяжении всего процесса их деградации. Во второй фазе, происходит ферментативная атака фрагментов. Метаболизация фрагментов приводит к быстрой потере массы полимера.

Однако стереохимия, кристалличность, Мвт и приложенные нагрузки являются основными факторами, влияющими на скорость деградации PLA. Механизм разложения–поглощения является результатом многих взаимосвязанных факторов, включая:

- 1) химическую стабильность полимерной основы,
- 2) наличие катализаторов,
- 3) добавок, примесей или пластификаторов,
- 4) геометрии и расположения устройства.

Уравновешивание этих факторов адаптирует имплантат таким образом, чтобы он медленно разрушался и передавал нагрузку на окружающие ткани по мере заживления с соответствующей скоростью, является одной из основных задач, стоящих сегодня перед исследователями.

Факторами, ускоряющими разложение полимера, являются следующие:

- 1) Более гидрофильный мономер.
- 2) Более гидрофильные, кислые концевые группы.
- 3) Более реакционноспособная гидролитическая группа в основной цепи.
- 4) Меньшая кристалличность.
- 5) Меньший размер устройства.

Расположение устройства может играть важную роль в скорости разрушения имплантатов. Большие устройства, имплантированные в области с плохой васкуляризацией могут ухудшать и подавлять способность организма выводить разлагающиеся вещества. Это приводит к накоплению кислых побочных продуктов. Кислая среда будет катализировать

дальнейшую деградацию и вызывать дальнейшее снижение pH, а также может быть ответственна за неблагоприятные реакции тканей. Скорость деградации также зависит от величины приложенного напряжения.

$T_g$ ,  $T_c$ ,  $\Delta H_c$ ,  $T_m$ ,  $\Delta H_m$  и  $\chi$  представляют соответственно температуру стеклования, температуру кристаллизации, энтальпию кристаллизации, температуру плавления, энтальпию плавления и степень кристалличности.

Имплантаты под воздействием стресса разрушаются быстрее.

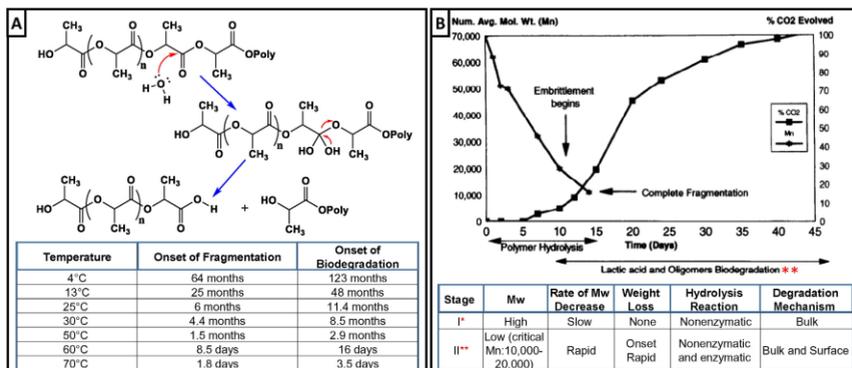
Коммерчески доступные устройства и шовные материалы из лактида разрушаются в результате объемной эрозии. Этот двухступенчатый механизм деградации приводит к тому, что скорость деградации на поверхности больших имплантатов из лактид-гликолида медленнее, чем деградация внутри. Первоначально деградация действительно происходит более быстро на поверхности из-за большей доступности воды. Продукты разложения на поверхности быстро растворяются в окружающей жидкости и удаляются из объемного полимера. Во внутренней части устройства неспособность крупных продуктов разложения полимера их способность диффундировать из объемного устройства приводит к локальной кислой среде внутри имплантата. Повышенная кислотность окружающей среды катализирует дальнейшую деградацию, приводящую к ускоренному гидролизу сложноэфирных связей внутри. Имплантаты с низкой пористостью из 50/50 PDLLG разрушаются быстрее, чем имплантаты с высокой пористостью вследствие быстрой диффузии разлагающих веществ с низким pH из внутренней части устройств с высокой пористостью.

**Таблица 2. Эволюция тепловых свойств биокомпозитов PLA, лен/PLA на 20% и 30% в зависимости от циклов впрыска**

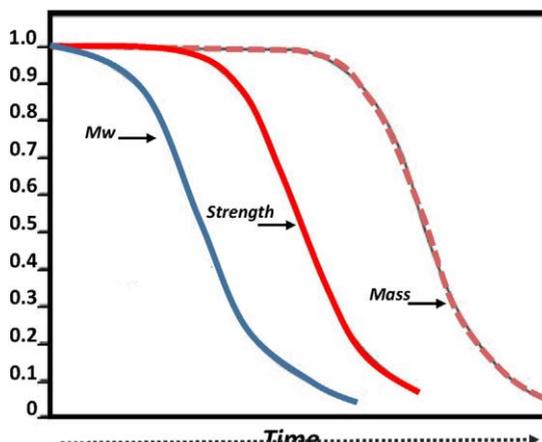
Материал	Циклы впрыска материала	$T_g$ (°C)	Охлаждение		Нагрев				
			$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (Дж/г)	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (Дж/г)	$T_m$ (°C)	$\Delta H_m$ (Дж/г)	$\chi$ (%)
PLA	1	66.5	–	–	123.3	36.5	175.1	36.3	38.7
	3	59.9	93.6	15.9	104.3	16.4	171.1	38.4	41
	6	56.5	97.7	38.9	89.8	0.6	167.3	49.9	53.2
биокомпозиты льна/PLA (20%)	1	61.1	–	–	110.9	36.5	170.7	37.2	39.7
	3	56.9	89.1	16.8	90.4	21.6	167.4	44.2	47.1
	6	54.9	92.4	41.3	–	–	163.9	47.1	50.2
биокомпозиты льна/PLA (30%)	1	62.2	114.5	45.6	–	–	170.4	44.0	47
	3	57.8	112.5	45.6	–	–	163.4	51.9	55.3
	6	41.7	87.1	35.9	85.1	5.1	152.3	40.2	43.2

Объемный гидролиз происходит быстрее, чем поверхностный гидролиз. PLA сначала деградирует в более слабо упакованных областях складывания цепей. На более поздних стадиях гидролиза Mw более стойкой кристаллической области приближается к толщине пластинки, и механизм деградации меняется на эрозию поверхности.

Определенные примеси и классы добавок увеличивают скорость гидролиза PLA, включая лактиды и олигомеры, а также некоторые кислотные и основные добавки. Стратегии стабилизации PLA до гидролиза включают снижение уровня остаточного мономера до как можно более низкого уровня, снижение концентрации воды в PLA и предотвращение автокатализа. Равновесное содержание влаги может быть уменьшено путем контроля морфологии (высококристаллическая, ориентированная, фибулярная структура). Одним из темпов снижения автокатализа является введение основных буферных солей, таких как  $\text{CaCO}_3$ . Второй подход к предотвращению автокатализа возможен путем функционализации химии конечных групп PLA. Конечные группы включают  $\text{OH-}$ ,  $\text{COOH-}$ ,  $\text{Cl-}$  и  $\text{NH}_2-$ .  $\text{NH}_2-$  и  $\text{Cl-}$  концевые пластики более устойчивы к термическому и гидролитическому разложению. Термическая стабильность PLA с концом  $\text{-OH}$  низка. В качестве альтернативы, стабильность при хранении, при более низких температурах и/или более низкой влажности изделия из PLA считают приемлемыми.



**Рис. 3:** А – гидролиз PLA и продолжительность времени, необходимого для разложения до простой воды;  
 Б – биodeградация полимолочной кислоты в компосте при температуре 60 °C



**Рис. 4. Общие кривые, показывающие последовательность уменьшения молекулярной массы полимера (Mwt), прочности и массы с течением времени**

Закключение: PLA является ведущим кандидатом для потребительских применений, а способность адаптировать его механические, физические, микроструктурные, химические и деградационные свойства для конкретных применений делает рыночные возможности продуктов из PLA неограниченными. Цель этой работы состоит в том, чтобы дать обзор современного состояния и основных проблем, связанных с изменением физических и механических свойств PLA, используемого в медицине, во время биоразложения, а также влияния термической нестабильности на это свойство.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ISO 2076-2015 Межгосударственный стандарт «Материалы текстильные. Химические волокна. Общие наименования».
2. Белов Д.А. Биodeградируемые композиционные материалы медицинского назначения на основе d,l-полилактида / Д.А. Белов, А.Н. Бычкова, И.А. Климовцова // *Материалы, технологии, инструменты*. 2006. № 1. С. 71-74.
3. Справочник по применению полимеров в медицине и медицинских изделиях. Elsevier Inc., 2014. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-22805-3.00003-7>.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ**

**А.А. Алферов, В.А. Алов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается технология гидроабразивной резки металлических сплавов. Виды гидроабразивных смесей и преимущества данного вида обработки над другими.*

***Ключевые слова:** гидроабразивная резка, высокое давление, абразивные материалы*

## **TECHNOLOGY OF WATERJET CUTTING OF METAL ALLOYS**

**A.A. Alferov, V.A Alov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The technology of waterjet cutting of metal alloys is considered. Types of waterjet mixtures and the advantages of this type of treatment over others.*

***Keywords:** waterjet cutting, high pressure, abrasive materials*

Для осуществления процесса механической обработки металлов в производстве используют станки общего и специального назначения для раскроя листовых, профильных и других деталей. Выбор того или иного оборудования происходит в зависимости от имеющихся и поставленных условий.

Наиболее перспективной является гидроабразивная резка, т.к. она экологически чистая, энергосберегающая и гибкая. При таком методе обработки происходят малые потери материала в результате резки, отсутствуют термическое влияние т.к. это холодная резка, а также можно

обрабатывать материалы широкого спектра химического состава и толщиной до 300 мм. Кроме того, из-за высокого качества реза этот метод можно использовать в области точного машиностроения – возможно получение поверхностей с очень малой шероховатостью.

Сам принцип гидроабразивной резки был разработан в США более 50 лет назад двумя инженерами Д. Ольсоном и Д. Чангом. Именно Ольсон впервые в мире изготовил в 1973 г. так называемый гидравлический мультипликатор – надежный насос, способный создать поток воды с напором более 4000 атм. и расходом до 4 л/мин [1].

В основе гидроабразивной обработки лежит принцип эрозионного воздействия смеси высокоскоростной водяной струи выступающей в качестве носителя твёрдых абразивных частиц.

Физическая суть механизма состоит в отрыве и уносе из полосы реза частиц разрезаемого материала потоком твердофазных частиц.

Если воду сжать под давлением около 4000 атмосфер, после чего пропустить ее через отверстие диаметром менее 1 мм, то она потечет со скоростью, превышающей скорость звука в 3-4 раза. Такая струя воды, направленная на изделие, становится режущим инструментом. С добавлением частиц абразива ее режущая способность возрастает в сотни раз, и она способна разрезать почти любой материал [2].

Устойчивость истечения и эффективность воздействия двухфазной струи обеспечиваются оптимальным выбором целого ряда параметров резки, включая давление и расход подаваемой воды, а также расход и размер частиц абразивного материала.

Гидроабразивная обработка является не только альтернативой механической, лазерной, ультразвуковой и плазменной резке, но и в некоторых случаях (резка многослойных, сотовых и композиционных материалов, керамики) единственно возможной. Также гидроабразивная струя не изменяет физико-механические свойства материала и исключает деформацию, оплавление и пригорание материала.

Возможна обработка таких материалов как: чёрные и цветные металлы (сталь, титан, медь, бронза, алюминий), материалы типа «камень» (мрамор, гранит, керамика, фарфор), стекло (обычное, многослойное, термически упрочнённое) и другие материалы (графит, стекловолокно, композиты и т. д.).

Установки гидроабразивной резки состоят из двух основных частей – координатного стола (в т. ч. головки для обработки) и насоса сверхвысокого давления.

Первой составной частью установки является координатный стол, позволяющий перемещать режущую головку с высокой точностью в трех координатах.

Второй составной частью является насос. На данный момент используются два типа насосов высокого давления: линейный насос-мультипликатор и роторный насос прямого привода.

Для гидроабразивных смесей используют множество различных материалов. Виды абразивных материалов в зависимости от области применения представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Области применения некоторых абразивных материалов**

Наименование	Область применения
Гранатовый песок (корунд $Al_2O_3$ + кварцевый песок $SiO_2$ + оксид железа $Fe_2O_3$ и др. компонентов)	Высоколегированные стали и титановые сплавы
Зёрна электрокорунда или его разновидности (корунд $Al_2O_3$ + примеси)	Алюминий, сталь, титан, гранит, железобетон и т.д.
Зёрна карбида кремния ( $SiC$ )	
Кварцевый песок $SiO_2$	Стекло
Частицы силикатного шлака	Пластик, армированное стекло

У гидроабразивной резки существует ряд преимуществ [3]:

- холодная резка не оказывает термического влияния на разрезаемый материал;
- высокая универсальность использования для любых материалов, различной толщины;
- высокая точность резки фасонных частей;
- малые потери материала в результате резки;
- возможность начать резание материала в любой его точке;
- плоскость реза, в большинстве случаев, не требует дальнейшей обработки;
- резка не требует специальных условий по охране окружающей среды, так как режущий материал – вода и абразив.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы гидроабразивной резки [Электронный ресурс].
2. Методы резки металла [Электронный ресурс].
3. *Попелюх А.П.* Перспективные способы обработки материалов / А.П. Попелюх, А.Г. Тюрин, Н.В. Плотникова. М.: ЮУрГУ, 2014. 49 с.

**ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТОВАННОГО  
СЛОЯ НА ИЗНОС РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ  
ШЕСТЕРЕН КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**П.Е. Бакланов**

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена изучению проблемы возникновения полосчатой структуры и её влияния на усталостные свойства поверхности зубчатых колес двигателей внутреннего сгорания.*

**Ключевые слова:** структура, микроструктура, полосчатость, усталостная прочность

**INFLUENCE OF THE MICROSTRUCTURE  
OF THE CARBURIZED LAYER ON THE WEAR  
OF THE WORKING SURFACE OF THE GEAR TEETH  
OF THE GEARBOX OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**P.E. Baklanov**

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the study of the problem of the occurrence of a streaky structure and its influence on the fatigue properties of the surface of the gear wheels of internal combustion engines.*

**Keywords:** structure, microstructure, banding, fatigue strength

Полосчатая структура или полосчатость – чередование мягких ферритных и более твердых перлитных полос на поверхности металла. Наличие феррита в структуре влечет за собой образование усталостных трещин при эксплуатации, так как неоднородность структуры способствует неравномерной деформации, вызывающей сдвиги и излом кристаллов. Виды полосчатой структуры:

- Первичная. Причина – дендритная ликвация. Дендритная ликвация – неоднородность химического состава дендритных кристаллитов, которая возникает вследствие дендритной кристаллизации сплавов. Сплавы (за исключением эвтектических) в отличие от чистых металлов кристаллизуются не от конкретной температуры, а в интервале температур. Поскольку примеси и легирующие элементы преимущественно снижают температуру кристаллизации, то дендритные оси, образованием которых при более высоких температурах начинается кристаллизация, кристаллизуются с чистого металла. С понижением температуры кристаллизации атомы примесей и легирующих элементов вытесняются осями в межосевые промежутки, где при более низких температурах завершается кристаллизация.

- Вторичная. Причина – вторичная кристаллизация в процессе ТО. Вторичная кристаллизация – процесс, в результате которого происходит полная замена одной кристаллической структуры на другую (аллотропическое превращение) или частичное изменение структуры (выделение новой фазы из твердого раствора при изменении его концентрации)

- Пластической деформации. Причина – прокатка химически неоднородных участков. Такие участки вытягиваются, образуя ту самую полосчатость [1].

Данный дефект структуры может быть исправлен диффузионным или гомогенизирующим отжигом. Сталь с таким дефектом дает брак при цементации и плохо обрабатывается [2]. Диффузионный или гомогенизирующий отжиг – нагрев до высоких температур и долгая выдержка, что приводит к устранению или смягчению дендритной неоднородности [3].

Режим такого отжига следующий: нагрев до температуры 1150-1200 °С, выдержка 15 часов, охлаждение в печи или на воздухе [4]. В результате высокого нагрева и длительной выдержки наблюдается сильный рост зерна, и поэтому после такой обработки структура получается крупнозернистой и требуется дополнительная операция термической обработки для исправления структуры (обычный отжиг). Поскольку данный дефект является собой чередованием ферритных и перлитных участков на поверхности стали, то он влечет за собой уменьшение усталостной прочности. Наличие феррита в структуре влечет за собой образование усталостных трещин при эксплуатации, так как неоднородность структуры способствует неравномерной деформации, вызывающей сдвиги и излом кристаллов. Этот излом приводит к микроскопической трещине, которая в свою очередь разрастается, впоследствии становясь концентратором напряжений. При цементации стали с такой структурой и последующей закалкой сталь приобретет структуру троостита на месте ферритных полос и мартенсита на месте перлитных участков, что оказывает негатив-

ное влияние на усталостную прочность поверхностного слоя стали, поскольку троостит ввиду своей относительной мягкости будет больше подвержен деформациям и разрушению, следовательно будет являться источником усталостных трещин и являться концентратором напряжений [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзамасов Б.Н.* Материаловедение. Учебник для высших технических учебных заведений / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов. М.: Машиностроение, 1986. 384 с.
2. *Ассонов А.Д.* Металлы и сплавы в автостроении / А.Д. Ассонов. М.: Машгиз, 1954. 264 с.
3. *Гуляев А.П.* Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
4. *Кудряков О.В.* Материаловедение: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и расчетно-графической работе. Ростов н/Д, 2017. 38 с.

## **АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**А.Е. Виноградов, Е.Н. Фуртова**

Научный руководитель – **Е.Н. Фуртова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье проводится анализ материалов тормозных колодок применяемых на железнодорожном транспорте. Рассмотрены достоинства и недостатки чугунных и композиционных тормозных колодок.*

**Ключевые слова:** тормозные колодки, чугун, композиционные материалы

## **MATERIAL ANALYSIS OF BRAKE PADS FOR RAILWAY TRANSPORT**

**A.E. Vinogradov, E.N. Furtova**

Scientific Supervisor – **E.N. Furtova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the materials of brake pads used in railway transport. The advantages and disadvantages of cast iron and composite brake pads are considered.*

**Keywords:** brake pads, cast iron, composite materials

Железнодорожное транспортное средство является очень востребованным и широко распространённым, поэтому повышение эффективности использования поездов остаётся актуальным. В связи с увеличением скорости движения поездов и соответственно усилением мер по обеспечению безопасности железнодорожного транспорта повышаются требования к качеству и эксплуатационным показателям тормозных колодок [1], которые являются важнейшим элементом механической части тормоза и от них зависит эффективность торможения.

Тормозные колодки разделяют на категории по типу материала, из которого они сделаны, и конструктивной форме исполнения. В соответствии с первой в нашей стране выпускаются три вида колодок: чугунные стандартные, композиционные и чугунные с повышенным содержанием

фосфора (фосфористые), а в соответствии со второй: безгребневые, гребневые и секционные [2].

Состав и свойства чугуна, который используют для изготовления тормозных колодок, известны и жестко регламентированы в стандартах.

Композиционные тормозные колодки изготавливают по определенной технологии из асбокаучуковых материалов с добавлением барита, сажи и вулканизирующего состава методом напрессовки на металлический каркас [2]. В технических условиях и сопровождающей документации на тормозные колодки наименования и химический состав компонентов композиционного материала, из которого они изготовлены, как правило, не указаны. Поэтому потребители не могут проверять состав материала композиционных колодок, что существенно снижает уровень контроля качества таких колодок и соответственно их надежность и безопасность эксплуатации [1].

Для определения эффективного пути использования различных материалов в производстве колодок следует сопоставить их свойства на основе требований. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам – эксплуатационные, технологические и экономические.

*Эксплуатационные требования* занимают лидирующие позиции. Для того чтобы обеспечить работоспособность конкретных машин и приборов, материал должен иметь высокую конструкционную прочность. Конструкционная прочность рассматривается как комплекс механических характеристик, которые обеспечивают надежную и длительную работу материала в сложно-напряженном состоянии (прочность, жесткость, надежность и долговечность) [3].

*Технологические требования* обеспечивают возможность наименьшей трудоёмкости изготовления деталей и конструкций. Технологичность материала влияет на производительность и качество изготовления деталей.

*Экономические требования* сводятся к тому, чтобы материал имел невысокую стоимость и был доступным. Использование дорогостоящих материалов должно быть обосновано повышением эксплуатационных свойств деталей.

Нельзя также забывать о таких показателях, как охрана труда и окружающей среды.

Чугунные стандартные колодки применяются на пассажирских вагонах (скорость до 120 км/ч) и локомотивах. К их достоинствам относятся высокая прочность, хороший отвод выделяющегося при торможении тепла, отсутствие влияния влаги на коэффициент трения. В то же время такие колодки имеют нестабильный коэффициент трения, снижающий-

ся с ростом скорости. Кроме того, чугунные колодки быстро изнашиваются [2].

Композиционные тормозные колодки применяют на всех грузовых, а также пассажирских вагонах, которые эксплуатируются при скоростях более 120 км/ч. Они в 3- 5 раз более износостойки, чем чугунные, обладают повышенной величиной коэффициента трения. К недостаткам этих колодок относятся плохой отвод тепла [2], ухудшение свойств под воздействием дождя, снега, низкой температуры, что требует дополнительного обслуживания или замены колодок. Также при их использовании резко возрастает повреждаемость колесных пар и, как результат, снижение безопасности движения поездов [1].

В работе [1] авторы отметили, что тормозные колодки из композиционного материала значительно чаще, чем чугунные, реагируют (в смысле нестабильности коэффициента трения) на изменение скорости движения, что отрицательно влияет на безопасность железнодорожного транспорта.

Чугунные колодки с повышенным содержанием фосфора (до 1,5%) на 25-30% более износостойки, чем стандартные, обладают более высоким и стабильным коэффициентом трения, но искрят при торможении [2].

В работе также важно отметить применение тормозных колодок из разных материалов с точки зрения охраны окружающей среды, так как они в большой степени способны негативно влиять на здоровье людей. И чугунные, и композитные колодки на протяжении всего своего жизненного цикла сопровождаются выделением пыли, способной проникать в лёгкие человека. Но композитные колодки сильно уступают чугунным. В частности из-за того, что в наиболее распространённый состав композиционных тормозных колодок входит асбест – канцерогенное вещество. Являясь основой материала композиционных тормозных колодок, он выделяется не только в процессе производства, но и в процессе эксплуатации.

На сегодняшний день исследования влияния микро- и макроструктуры, химического состава, технологические и стандартизационные работы сформировали оптимальный на данный момент вариант чугунной тормозной колодки, которая всё же имеет потенциал над композиционной. Совершенствование конструкций тормозных колодок железнодорожного транспорта, создание для них новых материалов – работы, которые ведутся в разных направлениях. Сегодня уже известны новые разработки тормозных колодок металлокерамических из бронзово-графитового и других материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Попов Е. С.* Анализ показателей качества колодок тормозных чугуновых и композиционных для железнодорожного подвижного состава / Е.С. Попов, О.И. Шинский // *Литье и металлургия.* 2021. № 1. С. 27-37.
2. *Асадченко В.Р.* Автоматические тормоза подвижного состава: учебное пособие для ВУЗов ж-д транспорта. М.: Маршрут, 2006. 392 с.
3. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении : учебное пособие : в 2 т. Т. I. Стали и чугуны / М.А. Филиппов, В.Р. Бараз, М.А. Гервасьев, М.М. Розенбаум. 2-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. 232 с.

## ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ИМИТИРОВАНИЯ «СЕЛАДОНА» С ПОМОЩЬЮ ПОДОБРАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПРОБ

**М.А. Вольхина, Е.А. Ленивцева, Н.В. Филатова**

Научный руководитель – **Н.В. Филатова**, канд. хим. наук, доцент

Ивановский государственный химико-технический университет

*Показана возможность замены  $Fe_2O_3$  на  $Cr_2O_3$  с целью имитации «селадона». Пигмент вводился в состав керамической массы с целью окраски изделия по толщине.*

***Ключевые слова:** цветовой тон, селадон, оксид хрома, образцы, глазурь, нефрит*

## SELECTION OF «CELADON» IMITATION TECHNOLOGY USING SELECTED CERAMIC SAMPLES

**M.A. Volkhina, E.A. Lenivtseva, N.V. Filatova**

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

*The possibility of replacing  $Fe_2O_3$  with  $Cr_2O_3$  in order to simulate "celadon" is shown. The pigment was introduced into the composition of the ceramic mass in order to color the product in thickness.*

***Keywords:** color tone, celadon, chromium oxide, samples, glaze, jade*

Селадон является особым типом глазури «восстановительного огня», специфического бледно-серовато-зеленоватого оттенка. Уникальная серая или зеленая глазурь селадона является результатом превращения оксида железа из трехвалентного железа в двухвалентное железо ( $Fe_2O_3 \rightarrow FeO$ ) в процессе высокотемпературного обжига.

Глазурь для «селадона» разнообразна и может быть в различных цветовых гаммах: белой, серой, синей и желтой. Цвет зависит от нескольких факторов:

- 1) толщины наносимой глазури;
- 2) типа глины, на которую она наносится;
- 3) точного состава глазури.

Самые известные оттенки «селадона» варьируются от бледно-зеленого до интенсивного глубокого - зеленого цвета, часто имитируют

зеленые оттенки нефрита. Саладон всегда обжигается в печах в восстановительной среде, поскольку химические изменения в оксиде железа, сопровождающиеся удалением кислорода, дает желаемый цвет изделиям [1]. Таким образом, является актуальным поиск других красящих пигментов, позволяющих передать структуру и цвет «саладона».

Целью эксперимента является подбор состава керамической массы с целью проявления нужного тона и однородности цвета в объеме изделия, при этом сама масса не должна иметь высокую себестоимость и не должна значительно усложнять технологию ее переработки. Способ получения глазури необходимого оттенка является более сложной технологической операцией, чем добавления оксида в жидкие керамические массы и не позволяет получать окрашенного изделия в массе.

В данном проекте для работы была использована полуфарфоровая масса, которая имеет значительные преимущества по сравнению с фарфоровой массой: температуры обжига фарфора в среднем составляет  $\sim 1400$  °С, а полуфарфоровой массы – до  $1160$  °С. Печь для обжига полуфарфора можно использовать электрические, в то время как производстве фарфора используются высокотемпературное оборудование непрерывного действия, позволяющее поддерживать более строгий температурный режим.

Для производства керамических пуговиц была выбрана керамическая масса ПФЛ-1, которая представляет собой порошкообразный продукт, предназначенный для изготовления полуфарфоровых изделий художественно-бытового назначения методом шликерного литья в гипсовые формы.

Оксид хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – хромовая зелень, англ. – eskolaite (эскалоит), очень твердый тугоплавкий порошок зеленого цвета (рис. 1) [2]. Данный пигмент будет является основой для придания керамической массе ПФЛ-1 зеленого цвета «саладон».



**Рис. 1. Оксид хрома в порошкообразном виде**

Выбор оксида хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  для создания зеленого цвета в керамическом производстве связан с тем, что он не требует введения дополнительных специальных добавок, так как не подвержен действию восстановительной среды при обжиге керамических изделий. Он не растворяется в расплавленной глазури, а образует с ней суспензию, сохраняя свою окраску как в массе, так и в глазури.

Оксид хрома придает массе оливково-зеленый цвет, его можно смешивать с глиной в количестве 0,5-6%. Если превысить его процентное содержание, то оксид будет действовать как флюс, понижая температуру плавления глины. При окраске изделий температура не должна превышать 1160 °С, иначе обжиг не даст нужного результата.

Для получения необходимого оттенка максимально приближенного по тону к «селадону» предлагается использовать данные таблицы 1, которые были получены нами в ходе эксперимента.

В шликер (масса ПФЛ-1) вводим пигмент оксида хрома с различной заданной концентрацией, %: 5; 2,5; 1. Количество пигмента добавляли в заданный объем керамического шликера. Полученный цветной шликер наливали в заранее подготовленную гипсовую форму, в виде пуговиц, используя наливной способ формования. Образцы специально не подвергались первому, утельному обжигу. Глазуровали половину пуговицы, чтобы показать два эффекта проявление цвета без глазури и с глазурью при температуре обжига 1160 °С. Для работы была выбрана прозрачная глазурь основная керамическая "глянец" (T=1160 °С). Она не содержит в составе соединений свинца, кадмия и других вредных для здоровья человека элементов, подходит для декорирования предметов хозяйственно-бытового назначения.

**Таблица 1. Экспериментальные данные по выбору цвета**

№	Количество пигмента, %	Образец с добавлением в шликер пигмента	Образец в сухом виде	Образцы с нанесением глазури после обжига 1160 °С
1	5			
2	2,5			
3	1			



**Рис. 2. Выбранный образец с добавлением 2,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$**

Из полученных экспериментальных данных был выбран образец № 2, наиболее приближенный к «селадону» вариант. Нанесение разной толщины слоя глазури на изделия позволяет получить более глубокий эффект селадона или нефрита.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гомперц Г.* История корейской керамики периода Ли / Пер. с англ. Л.И. Киреевой // Проблемы истории, филологии, культуры. Вып. XVIII. М. - Магнитогорск - Новосибирск, 2007. С. 415-428. Из книг Л.Р. Концевича.
2. ООО "КЕРАМИКА ГЖЕЛИ" Официальный сайт. URL: <https://ceramgzhel.ru/>

## **ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ КАК МАТЕРИАЛА БИОСЕНСОРА**

**К.А. Ганичкина, Н.В. Латухина, О.А. Львова, Н.П. Козлов**

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

Самарский национальный исследовательский университет  
имени С.П. Королева

*Было проведено исследование поверхностей, сколов и порошков образцов пористого кремния и нанокмозитов ПК+глюкоза, ПК+слеза натуральная, ПК+NaCl методами оптической и электронной микроскопии.*

*Были изучены электрические свойства нанокмозитов, а также состав и морфология образцов гравиметрическим методом, методами измерения ВАХ и фотопроводимости.*

**Ключевые слова:** *глюкоза, пористый кремний (por-Si), нанокмозит, биосенсор, ВАХ, фотопроводимость*

## **OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF POROUS SILICON AS A BIOSENSOR MATERIAL**

**K.A. Ganichkina, N.V. Latukhina, O.A. Lvova, N.P. Kozlov**

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

Samara National Research University named after S.P. Korolev

*The surfaces, chips and powders of samples of porous silicon and PC + glucose, PC + natural tears, PC + NaCl nanocomposites were studied by optical and electron microscopy.*

*The electrical properties of the nanocomposites, as well as the composition and morphology of the samples, were studied by the gravimetric method, methods for measuring the CVC and photoconductivity.*

**Keywords:** *glucose, porous silicon (por-Si), nanocomposite, biosensor, CVC, photoconductivity*

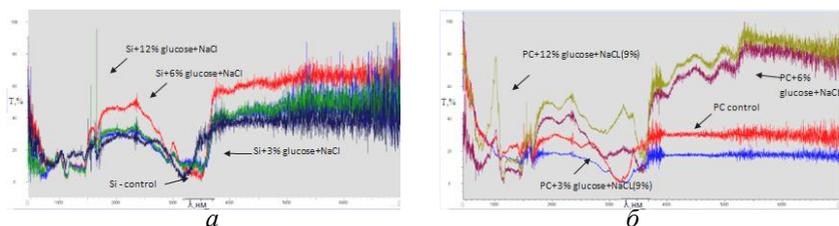
Проблема выбора материала для создания биосенсора является актуальной на сегодняшний день. До сих пор исследуют новые материалы для использования в качестве чувствительного слоя. Пористый кремний является перспективной материялом для создания биосенсоров. Из-за

развитой поверхности пористого кремния, его можно применять в качестве биочувствительного слоя.

Важным направлением является исследование влияния внедрения глюкозы в пористый слой на электрические и оптические свойства пористого кремния. Актуальность таких исследований определяется проблемой создания эффективного, компактного и экономичного неинвазивного глюкометра. Поскольку содержание сахара в крови влияет на состав всех физиологических жидкостей организма (слез, слюны, пота и т.д.), существует множество возможных принципов действия таких приборов, основанных на анализе состава любой из этих жидкостей. В работах [1-3] проводилось исследование влияния на оптические и электрические свойства пористого кремния растворов глюкозы в воде и слезной жидкости. В данной работе для исследований в качестве жидкости был выбран физраствор (9%-й водный раствор NaCl), т.к. хлорид натрия присутствует в крови и плазме человека в заметном количестве.

Образцы пористого кремния изготавливались методом электрохимического травления во фторсодержащих растворах. Использовались пластины монокристаллического кремния с разной обработкой поверхности – текстурированной, полированной и более грубой шлифованной. Травление происходило при токах 60 мА, 80 мА и длилось в течение 15, 20 и 30 минут. Пористость рассчитывалась гравиметрическим методом по убыли веса образца после травления и составила от 17% до 43%. Были изготовлены водные растворы с содержанием 3%, 6% и 12% глюкозы и 9% NaCl. Для электрических измерений на сторону с пористым слоем наносились пастовые контакты в виде дискретных кругов диаметром 1-1,5 мм. Исследование ИК-спектров проводилось на Фурье-спектрометре ФСМ 2201 с помощью приставки диффузного отражения.

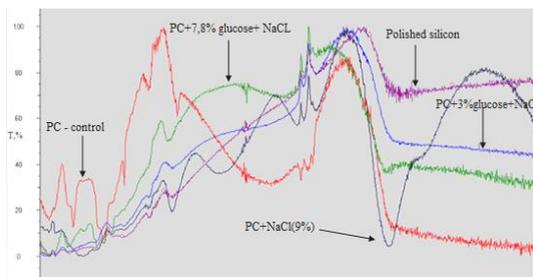
Для измерений спектров были выбраны пластинки Р – образец с пористым слоем на текстурированной поверхности, L-на полированной поверхности, R-на шлифованной поверхности, на которые наносились растворы с разной концентрацией глюкозы (рис. 1–3).



**Рис. 1:** а – ИК-спектры для Р-пластинки кремния с текстурированной поверхностью; б – ИК-спектры для Р-пластинки пористого кремния с текстурированной поверхностью

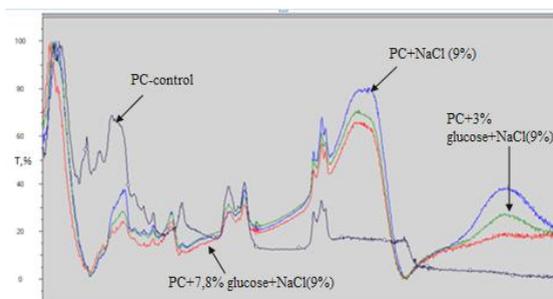
По рисункам видно, что благодаря наличию глюкозы и NaCl возникают новые полосы пропускания. Чем больше концентрация глюкозы, тем больше возникают новые пики. Отчетливо заметно появление на 4000 нм, 4700 нм, и на 3200 нм.

Для кремния возникновение новых полос на 3050 нм и 3500 нм.



**Рис. 2. ИК-спектры полированной пластинки L с растворами**

Для шлифованной пластинки:



**Рис. 3. ИК-спектры шлифованной пластинки R с растворами**

Из рис. 1 а, б видно, что определенные полосы поглощения отвечают за кремний, а некоторые полосы за присутствие глюкозы в порах образцов. Особенно отчетливо видны полосы поглощения пористого кремния: пик 2100 нм, 2950 нм. Полосы, отвечающие за наличие глюкозы можно наблюдать на 1600 нм, 3252 нм.

Однако количественную оценку содержания глюкозы в растворе по ИК-спектрам сделать сложно, явной зависимости коэффициента пропускания от содержания глюкозы в растворе не прослеживается.

Проведенные ранее исследования влияния внедренной в поры глюкозы на электрические свойства пористого кремния показали явно

прослеживаемую зависимость электрического сопротивления от содержания глюкозы в наносимых на пористый слой растворах [1]. Исследования проводились с растворами от 1 до 12% глюкозы в воде и в слезной жидкости и показали уменьшение сопротивления слоя при увеличении содержания глюкозы в растворе. Эти результаты подтверждаются проведенными в данной работе исследованиями с образцами пористого кремния с нанесенными водными растворами глюкозы и хлорида натрия. При изменении содержания глюкозы в растворе от 3 до 7,8% удельное сопротивление уменьшилось от  $(173,6 \pm 59)$  кОм·м до  $(15,75 \pm 2)$  кОм·м. Удельное сопротивление пористого слоя с нанесенным физраствором без глюкозы составило  $(55,9 \pm 1,27)$  кОм·м, удельное сопротивление исходного пористого слоя  $(158 \pm 12,7)$  кОм·м.

Таким образом, проведенные исследования показывают заметное влияние внедренной в поры глюкозы как на оптические, так и на электрические свойства пористого кремния. Для количественной оценки содержания глюкозы в физиологических жидкостях, видимо, более перспективны методы, основанные на измерении электрических параметров пористого слоя. Возможно, при совершенствовании методики оптических измерений или применении комбинированных измерений ситуация изменится.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ganichkina K.A.* Electrical properties of porous silicon as a biosensor material / K.A. Ganichkina, N.V. Latukhina // *Journal of Biomedical Photonics and Engineering* 2020. Vol. 6, iss. 1. P. 1-7.
2. *Ganichkina K.A.* Infared spectroscopy of porous silicon for biosensorics / K.A. Ganichkina, N.V. Latukhina // *The International Symposium and International School for Young Scientists on «Physics, Engineering and Technologies for BioMedicine»*. 2020. P. 93-95.
3. *Ganichkina K.A.* IR spectra of porous silicon based nanocomposites / K.A. Ganichkina, D.R. Suyundukova, N.V. Latukhina // *Journal of Biomedical Photonics and Engineering*, 2019. Vol. 5, № 2.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧНОГО РЕАКТОРА  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК  
АКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

**Н.В. Куликов, Д.С. Долгин, И.С. Гуданов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Обобщен и проанализирован опыт эксплуатации и создания конструкций печных реакторов для выработки техуглерода. Предложена разработка новой конструкции реактора для получения высококачественного техуглерода с обоснованием размеров функциональных зона.*

***Ключевые слова:** реактор, техуглерод, пиролиз, форсунки, горелки*

**DEVELOPMENT OF A FURNACE REACTOR DESIGN  
FOR THE PRODUCTION OF HIGH-QUALITY GRADES  
OF ACTIVE CARBON BLACK**

**N.V. Kulikov, D.S. Dolgin, I.S. Gudanov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The experience of operation and creation of furnace reactor designs for the production of carbon black is summarized and analyzed. The development of a new reactor design for the production of high-quality carbon with justification of the size of the functional zones is proposed.*

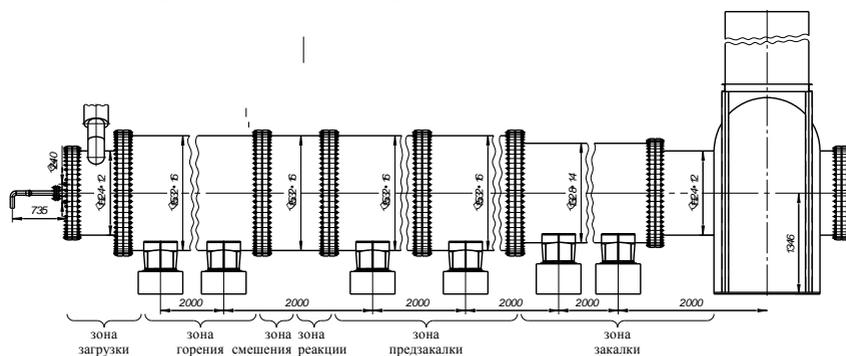
***Keywords:** reactor, carbon black, pyrolysis, nozzles, burners*

Технический углерод – высокотехнологичный продукт основного органического синтеза, представляющий собой высокодисперсное порошкообразное вещество чёрного цвета. Обладая набором специфических свойств: прочность, жёсткость, износостойкость, находит своё применение в шинном производстве как усилитель вулканизатов. Доля техуглерода в резиновых смесях в зависимости от назначения может дости-

гать 55%. Полученные из них профильные погонажные изделия обладают повышенным ресурсом ходимости, что гарантирует высокую конкурентоспособность на рынке полимерной продукции.

В настоящее время около 80% всего технического углерода вырабатываются печным способом. Имеются также и другие технологии: ламповый, каналный, термический способы. Однако лишь печной процесс обладает наибольшей универсальностью по сырью, многочисленными возможностями управления и гарантирует наиболее высокое качество продукта.

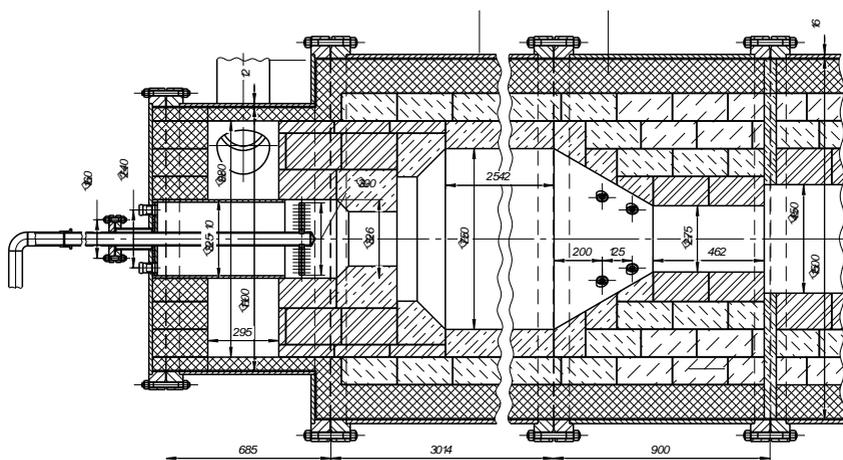
Основным оборудованием печного процесса выработки техуглерода является высокотемпературный реактор проточного типа. Последний представляет собой горизонтальный стальной сварной цилиндрический аппарат, внутренне пространство которого оформлено несколькими слоями футеровочных материалов. Именно футеровка является главным и наиболее дорогостоящим элементом конструкции реактора. Высокая рабочая температура, достигающая 1850 °С, заставляет использовать для футеровки помимо традиционных шамота, муллита и динаса, еще и корунд, карборунд и даже цирконий. Футеровка может быть выполнена монолитной, из набивных масс или стандартных фасонных огнеупоров. Опыт эксплуатации печных реакторов отечественной промышленностью показал целесообразность использования комбинированной футеровки. Рабочее пространство реактора, ограниченное футеровкой, включает в себя несколько последовательно расположенных функциональных зон: загрузки, горения, смешения, реакции, предзакалки и закалки (рис. 1). В них происходит полное сжигание топлива и части вспомогательного сырья с целью генерации тепла, достаточного для термического разложения основного сырья и начала сажеобразования.



**Рис. 1. Новая конструкция печного реактора для получения активных марок технического углерода**

Отечественный опыт последних межремонтных пробегов выявил недочеты в конструкциях существующих печных реакторов. Выпуск более качественных марок техуглерода потребовал температурного ужесточения процесса, что несомненно отразилось на долговечности конструкции реактора. Для повышения его надёжности в рамках данной НИРС была предложена новая комбинация футеровочных материалов.

Следующим этапом исследования стала корректировка размеров основных функциональных зон. В частности, продолжительность зоны горения была увеличена с 2,2 до 2,5 м, что обеспечило требуемую глубину сгорания топливно-сырьевой смеси. Для увеличения турбулизации потока раскалённых газов зона смешения стала представлять коническую втулку, где сырьевые форсунки распределяются радиально в два ряда. Система защищённого ввода и высокие скорости потока позволили отказаться от дорогостоящих ультразвуковых пневматических форсунок в пользу более простых и дешёвых механических распылителей. Для создания более плотного и кратковременного контакта ( $\sim 0,001$  с) зона реакции представлена циркониевой втулкой  $\varnothing 275$  мм (рис. 2).



**Рис. 2. Зоны загрузки, горения, смешения и реакции**

Ещё одним из нововведений стало использование одноступенчатого воздухоподогревателя, охлаждающего аэрозоль начиная с  $950$  °С. Это не только повысило температуру в зоне горения, но и позволило несколько снизить долю вспомогательного сырья в качестве топлива с 7,5 до 6%. Для придания сажевым частицам дополнительных прочностных зон увеличена длина зон закалки и предзакалки до 3,5 и 4 м соответственно.

Таким образом, в представленной конструкции печного реактора предлагается достижение как технологического, так и экономического эффекта. Несмотря на высокую стоимость применённых огнеупоров, они быстро окупаются и оправдывают себя повышенной надёжностью всей конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зув В.П.* Производство сажи: Учебник для нефтехимических техникумов / В.П. Зув, В.В. Михайлов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1970. 318 с.
2. *Ивановский В.И.* Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. Омск: ОАО «Техуглерод», 2004. 228 с.
3. *Орлов В.Ю.* Производство и использование технического углерода для резин / В.Ю. Орлов, А.М. Комаров, Л.А. Ляпина. Ярославль: Изд-во Александр Рутман, 2002. 512 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ**

**А.О. Макаров, В.А. Алов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются разновидности изостатического прессования порошков: гидростатическое, газостатическое и в толстостенных эластичных оболочках (втулках). Представлены примеры порошковых изделий, изготовленных с применением изостатического прессования. Предложены способы повышения эффективности технологии и перспективы производства порошковых изделий.*

**Ключевые слова:** изостатическое прессование, газостат, капсула, порошковая металлургия, процесс прессования, капсула

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF ISOSTATIC POWDER PRESSING TECHNOLOGY**

**A.O. Makarov, V.A. Alov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The types of isostatic powder pressing are considered: hydrostatic, gas-static and in thick-walled elastic shells (bushings). Examples of powder products manufactured using isostatic pressing are presented. Methods of increasing the efficiency of technology and prospects for the production of powder products are proposed.*

**Keywords:** isostatic pressing, gasostat, capsule, powder metallurgy, pressing process, capsule

Разработанная в 50-х годах XX века методика изостатического прессования стремительно развивалась и получила широкое распространение во многих областях промышленности. Применение изостатического прессования используется для производства комплексных заготовок с более плотной и равномерной структурой, чем при компактировании другим способом. Изостатическое прессование позволяет точно формо-

вать внутренние полости как простых, так и сложных текстур. Оно сводит к минимуму или полностью отменяет дальнейшую обработку и экономит ценные материалы.

Сущность процесса изостатического прессования заключается в изменении первоначального объема взятого материала до получения более компактной его формы. Происходит это за счет уменьшения пустот между отдельными фракциями, а также за счет пластической деформации частиц. В зависимости от заданной плотности компакта, подбирают нужные значения давления, периода воздействия (выдержки) и температуры. В результате произведенных действий получают заготовку, обладающую высокой технологической плотностью и не разрушающуюся при последующих обработках. К концу 80-х годов XX в. насчитывалось порядка 100 патентов и несколько тысяч публикаций по различным аспектам уплотнения порошков в условиях всестороннего сжатия [1].

Преимущества изостатического прессования заключаются в возможности производить детали гораздо больших размеров, чем это возможно другими технологиями порошковой металлургии, с практически неограниченными возможностями для сложных форм и геометрических характеристик. Более того, оно применимо к трудным для прессования и дорогим материалам, таким как жаропрочные сплавы, титан, инструментальные стали, нержавеющие стали и бериллий, с высокой эффективностью использования материала. В результате использования горячего изостатического прессования, могут быть изготовлены детали, которые предлагают полностью плотные материалы с изотропными механическими свойствами равными или более высокими, чем у литейных и кованных материалов.

В настоящее время выделяют три базовые разновидности изостатического формования: гидростатическое, газостатическое и в толсто-стенных эластичных оболочках (втулках) [2].

Если сжимающее усилие создается жидкостью, прессование называют гидростатическим, а если газом – газостатическим.

Первоначально методом гидростатического прессования получали заготовки только простой формы, но в настоящее время, благодаря применению специальной технологической оснастки, изготавливают и сложные изделия массой до 2000 кг [3].

Технология горячего изостатического прессования (ГИП) считается одним из прогрессивных современных методов производства заготовок и изделий из металлических порошков. В общем случае в составе конструкции капсулы ГИП различают два элемента – оболочку, или собственно капсулу, и закладные элементы, которые оформляют сложные внешние и внутренние поверхности будущего изделия и удаляются на завершающих этапах технологического процесса ГИП.

В этой связи особенно актуальной становится проблема выбора материала и способа изготовления конструктивных элементов капсул ГИП.

Для повышения эффективности технологии возможно изготовление закладных элементов капсул ГИП не только специальными способами литья, но и другими методами, как, например, литье вспененных металлических сплавов и интерметаллидных композиций, некоторые аддитивные технологии (например, SLS процесс селективного лазерного спекания), а также формообразование из неорганических соледержащих водорастворимых материалов [4]. В результате использования перечисленных перспективных материалов и методов изготовления капсул ГИП приведёт к снижению зависимости результатов процесса от качества сварных швов капсул ГИП, уменьшение трудоёмкости операций изготовления конструктивных элементов капсул, а также улучшение условий труда производственного персонала за счет исключения их удаления травлением в агрессивных средах.

Для повышения эффективности производства изделий из порошковых материалов используется также технология изостатического прессования в пресс-формах (оболочках) из эластичных материалов. Часто при изостатическом прессовании фасонных изделий с тонкими элементами формы наблюдается разрушение прессовок.

Решением данной проблемы является использование пресс-форм из материалов, обладающих свойством термопластичности. Пресс-формы из термопластичных материалов хорошо держат форму при комнатной температуре, а при нагревании переходят в пластичное состояние, обеспечивая изостатику процесса прессования, и не восстанавливают исходные размеры при снятии давления прессования. При этом форма прессовок может быть максимально приближена к форме готовых изделий. Это позволяет исключить или значительно уменьшить объём дополнительной механической обработки спрессованных заготовок. Для предотвращения пропитки прессовки расплавленным термопластичным материалом пресс-форма выполняется двухслойной с тонким внутренним изолирующим слоем. Для изготовления самих пресс-форм целесообразно использовать 3D-печать. Современное развитие CAD-CAM систем 3D-печати позволяет создавать недорогие пластиковые модели с высокой размерной точностью и производительностью. Использование 3D-печати повышает точность и ускоряет изготовление пресс-форм.

Хотя пресс-формы из термопластичных материалов являются одноразовыми, однако этот недостаток компенсируется повторным использованием материалов.

Использование в технологии изостатического прессования пресс-форм из термопластичных материалов позволяет:

1. Изготавливать изделия сложной формы;
2. Изготавливать длинномерные изделия переменного сечения с большим отношением длины к поперечному размеру;
3. Снизить толщину стенок пресс-форм и использовать контейнеры меньшего диаметра;
4. Повысить производительность и снизить себестоимость изготовления пресс-форм за счёт использования современной CAD-CAM технологии 3D-печати термопластичных материалов;
5. Повысить производительность и снизить себестоимость технологии изостатического прессования.

Типичные изделия изостатического прессования - режущий инструмент, автомобильные гильзы цилиндров, компоненты авиационных и корабельных газовых турбин, коррозионностойкие компоненты для нефтехимического оборудования и ядерных реакторов, медицинские имплантаты. Детали изостатического прессования используются в таких сферах, как авиационная, космическая, военная, медицинская техника, химические технологии [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Либенсон Г.А.* Процессы порошковой металлургии. В 2 т. Т. 2. Формование и спекание: Учебник для вузов / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. М.: МИСИС, 2002. С. 77-102.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; под ред. А.М. Дальского. 5-е изд., испр. М.: Машиностроение, 2004. 512 с.
3. *Гропянов А.В.* Порошковые материалы: учебное пособие / А.В. Гропянов, Н.Н. Ситов, М.Н. Жукова. СПб., 2017. С. 23.
4. *Зленко М.А.* Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутьгина. СПб: СПбГУ, 2013. 221 с.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА**

**В.А. Сергеева, М.П. Петрова**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ методов испытаний для определения влажности литейного кокса. Установлены недостатки существующих методов, связанные с несоответствием условиям ваграночной плавки, а также с недостаточной точностью воспроизведения внешних воздействующих факторов.*

**Ключевые слова:** влажность, испытания, литейный кокс, массовая доля общей влаги

## **ANALYSIS OF TEST METHODS FOR DETERMINING THE MOISTURE OF FOUNDRY COKE**

**V.A. Sergeeva, M.P. Petrova**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*An analysis of test methods for determining the moisture content of foundry coke was carried out. The shortcomings of the existing methods associated with the inconsistency with the conditions of cupola melting, as well as with insufficient accuracy in reproducing external influencing factors, have been established.*

**Keywords:** humidity, tests, foundry coke, mass fraction of total moisture

Одной из важнейших характеристик топлива является его тепло-творная способность – количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива. В процессе плавки чугуна в вагранке тепло, выделяемое при сгорании литейного кокса, затрачивается на нагрев и плавление металлической части шихты. При этом потери тепла могут быть связаны с повышенной влажностью самого топлива.

Влажность литейного кокса характеризуется массовой долей общей влаги в рабочем состоянии топлива ( $W^r$ , %). Также показатель массовой доли общей влаги в рабочем состоянии топлива является характеристикой качества литейного кокса в соответствии с ГОСТ 3340-88 и указывается в сертификате качества, выдаваемом производителем на литейный кокс при поставке потребителю.

Метод определения общей влаги литейного кокса установлен в ГОСТ 27588-91 (ИСО 579-81) [1]. Определение массовой доли общей влаги проводят по лабораторной пробе, подготовленной в соответствии с ГОСТ 23083-78 [2]. Пробу литейного кокса отбирают из потока или из железнодорожного вагона методом конверта. Отобранный кокс всех классов крупности измельчают до размера частиц 0-13 мм. Измельченную пробу высыпают на противень, помещают в предварительно нагретый до 200 °С сушильный шкаф и выдерживают в нем до постоянной массы. Массовую долю общей влаги вычисляют как отношение разницы масс навески кокса до высушивания и после к массе навески кокса до высушивания.

Данная методика определения содержания влаги в литейном коксе не учитывает его крупность, однако влажность литейного кокса различных классов крупности не одинакова [3].

Поскольку в коксохимической промышленности не применяют специальные технологии для производства литейного кокса. Из одного коксового пирога выделяется в зависимости от крупности металлургический (классы 25-40 мм, 40-60 мм) и литейный кокс (классы 40-60 мм, 60-80 мм, 80 мм и более). По длине коксового пирога наблюдается некоторая неоднородность свойств, например, при продвижении от пристеночной к осевой части увеличивается пористость, средний диаметр пор, электросопротивление, реакционная способность, в то время как структурная прочность, предел прочности при механических испытаниях и кажущаяся плотность снижаются [3]. Подобная неоднородность вызвана особенностями процесса коксования, вследствие которых снижается скорость нагрева угольной шихты по мере удаления от стен коксовой камеры. Специфика процесса коксования обуславливает развитие трещиноватости, предопределяющей формирование гранулометрического состава кокса. В кусках классов 60-80 мм и 80 мм и более, как правило, преобладает приосевая часть кокса, а в классах 25-40 мм и 40-60 мм преобладают обломки пристеночных частей кусков [4].

Так как в литейном производстве предпочтительным является кокс классов крупности 60-80 мм и 80 мм и более [5], методика оценки влажности литейного кокса на этапе транспортирования должна учитывать отличия крупных классов, обусловленные технологией коксования. В связи

с этим разработана новая методика оценки влажности литейного кокса, применяемая для образцов товарной крупность [6].

Сущность метода заключается в просушивании образца литейного кокса при температуре 200 °С до постоянной массы и определении массовой доли общей влаги образцов товарной крупности по формуле

$$W_{\text{т.к.}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100,$$

где  $W_{\text{т.к.}}$  – массовая доля влаги образца литейного кокса товарной крупности, %;  $m_1$  – масса образца до высушивания, г;  $m_2$  – масса образца после высушивания, г.

На рис. 1 представлены результаты испытаний, которые свидетельствуют от том, что влажность литейного кокса изменяется в зависимости от изменения внешних условий, а также о том, что влажность образцов отдельных классов крупности изменяется неодинаково. В этой связи можно говорить о том, что данный метод является более объективной в сравнении с методикой, описанной в ГОСТ 27588-91, с учетом специфики ваграночной плавки.

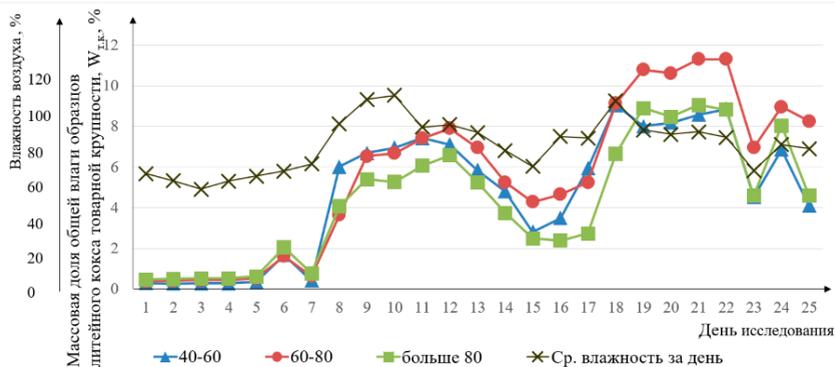


Рис. 1

Недостатком данного метода является низкая точность воспроизведения воздействующего фактора – влажности. Условия испытаний максимально приближены к естественным, однако полученные данные все равно носят приближенный характер.

Решением данной проблемы может являться разработка методики определения влажности литейного кокса с использованием климатических камер тепла и влаги. Данная методика позволит усовершенствовать уже существующий метод испытаний и более точно оценить влияние времени внешних условий на влажность литейного кокса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27588-91 (ИСО 579-81). Кокс каменноугольный. Метод определения общей влаги. М.: Издательство стандартов, 1992. 6 с.
2. ГОСТ 23083-78. Кокс каменноугольный, пековый и термоантрацит. Методы отбора и подготовки проб для испытаний. М.: Стандартиформ, 2007. 9 с.
3. Мучник Д.А. Возможности улучшения качества кокса вне печной камеры / Д.А. Мучник, В.И. Бабанин. М.: Инфра-инженерия, 2014. 368 с.
4. Иванова В.А. О методах оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Кокс и химия. 2014. № 6. С. 28-33.
5. Иванова В.А. Установление требований потребителей к качеству литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Избранные научные труды пятнадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 10-11 марта 2016 года. М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2016. С. 173-176. .
6. Иванова В.А. Исследование влияния окружающей среды на влажность литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Литейщик России. 2018. № 1. С. 18-21.

УДК 330

## **КОРРОЗИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**А.А. Тарачева**

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена изучению проблемы возникновения коррозии промышленного оборудования в нефтехимическом производстве.*

**Ключевые слова:** энергетика, нефтяная промышленность, влияние на экономику, коррозия оборудования, качество воды, вода, промышленное оборудование, теплообменное оборудование

## **CORROSION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT OF NON-PETROCHEMICAL INDUSTRIES**

**A.A. Taracheva**

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the study of the problem of corrosion of industrial equipment in petrochemical production.*

**Keywords:** energy, oil industry, impact on the economy, corrosion of equipment, water quality, water, industrial equipment, heat exchange equipment

Темпы роста промышленности и стабильность экономики напрямую зависят от уровня развития энергетического сектора страны. Энергетика и нефтяная промышленность являются фундаментальными отраслями российской экономики, но такие отрасли, как энергетика и нефтехимическое производство, также имеют проблемы. Одной из таких проблем являются затраты, связанные с коррозией металлов и промышленного оборудования. В настоящее время решение этой проблемы актуально, так как вопрос энергосбережения и энергоэффективности в нефтехимическом производстве, как и в других отраслях экономики страны, приобре-

тает все больший интерес. В связи с уменьшением ресурсов на нашей планете люди все чаще думают не о том, как потратить больше, а о том, как сэкономить и сберечь больше. Данная статья посвящена изучению проблемы возникновения коррозии промышленного оборудования в нефтехимическом производстве.

Ключевые слова: энергетика, нефтяная промышленность, влияние на экономику, коррозия оборудования, качество воды, вода, промышленное оборудование, теплообменное оборудование.

На сегодняшний день все предприятия и организации теплоэнергетического комплекса, а также других отраслей промышленности, эксплуатирующие теплообменники, сталкиваются со следующими основными проблемами:

- образование отложений на теплообменных поверхностях, что приводит к снижению теплообмена и, в дальнейшем, перерасходу горючего;

- коррозионные процессы, связанные в первую очередь с ростом в окружающей среде промышленных зон концентраций агрессивных соединений (двуокись серы и др.).

Многие химические реакции (нейтрализация, окисление, гидрирование и т.д.) протекают с образованием тепла, при этом важным условием высокого процента выхода целевого продукта и минимизации побочных процессов является строгое соблюдение температурного режима за счет охлаждения в теплообменниках. Система оборотного водоснабжения является важнейшим элементом технологического процесса нефтехимического производства.

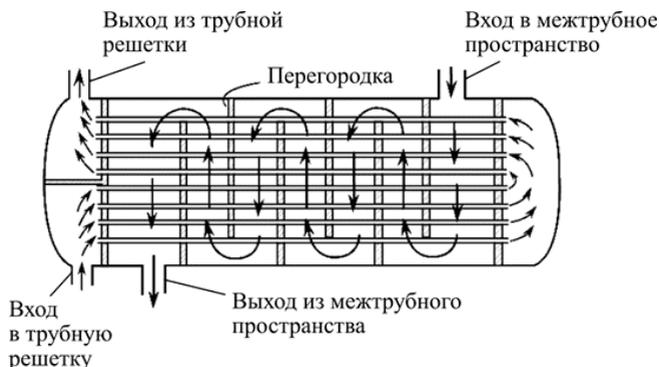
Во всем мире большое внимание уделяется борьбе с коррозией, в том числе борьбе с коррозией теплообменного оборудования. Постоянное увеличение потерь от различных видов коррозии в основном связано с увеличением концентрации агрессивных примесей в окружающей среде.

Теплообменники используются в химической промышленности для переноса тепла жидкости на другую жидкость. Одна среда при этом нагревается, вторая – охлаждается. Схема устройства изображена на рис. 1.

Причинами плохой теплопередачи в трубах теплообменного оборудования могут быть неисправности, такие как загрязнение поверхности теплообмена окалиной, отложениями масла, соли и смолы, коррозия металла и т.д. В случае сильного загрязнения чрезмерное количество воды приходится пропускать через теплообменник для охлаждения (нагрева), что приводит к чрезмерному потреблению электроэнергии.

Очень часто теплообменник приходится останавливать для ремонта из-за появления зазоров, которые можно разделить на два основных типа: внешние и внутренние (или скрытые). К первому типу относятся

зазоры во фланцевых соединениях крышек теплообменника, зазоры в трубах и стенках корпуса.



**Рис. 1. Устройство и принцип работы кожухотрубного теплообменника**

Одним из способов выявления неисправностей является мониторинг и контроль работы теплообменного оборудования.

Наличие внутренних зазоров определяется путем отбора проб из той части теплообменника, в которой давление ниже. Оставшиеся дефекты могут быть выявлены во время проверок теплообменного оборудования и во время плановых профилактических ремонтов [5].

Теплообменное оборудование составляет очень значительную часть технологического оборудования в химической и смежных отраслях промышленности. На предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности удельный вес теплообменного оборудования составляет 50% [4].

Коррозионные разрушения в теплообменных аппаратах бывают трех основных видов:

1. Коррозия в области соединения трубки и трубной доски.
2. Коррозионно-эрозионное поражение внутренней поверхности входных и выходных участков теплообменных трубок.
3. Язвенная коррозия по всей длине теплообменной трубки [3].

Основными параметрами, влияющими на процесс коррозии металлов в сетях водоснабжения, являются водородный показатель pH воды, ее электропроводность, общая жесткость, щелочность, концентрация хлоридных и сульфат-ионов, растворенного кислорода и других веществ, способствующих окислению. Восстановление кислорода обычно служит катодной реакцией для анодного растворения металла. Присутствие хлоридов и сульфатов значительно увеличивает вероятность коррозии.

Окисляющие вещества (например, хлор) усиливают поляризацию и, следовательно, способствуют анодному растворению [2]. Качество деминерализованной воды, поступающей на установку с водоблока, а также качество деаэрированной, отпаренной и котловой воды, образующейся в процессе производства, контролируются теплотехнической лабораторией. Качество воды, поступающей на охлаждение в теплообменник, не контролируется. Она представляет собой воду из циркуляционного контура после отвода из нее пара в паросборнике и сепараторе пара среднего давления. Повышение концентрации растворимых солей в оборотной воде приводит к увеличению электропроводности воды и активизации коррозионных процессов; причем в мягкой воде, содержащей растворенный кислород, коррозия конструкционных материалов значительно выше, нежели в жесткой воде аналогичной минерализации, что вызвано меньшей буферной емкостью мягких вод [4].

Заботиться об антикоррозионной защите теплообменного оборудования экономически выгодно, поскольку:

- срок эксплуатации теплообменников и конденсаторов с антикоррозионной и противонакипной защитой увеличивается в 1,5–2,5 раза;
- исключаются аварийные остановки и пуски;
- экономится топливо [3].

Рассмотрим один из методов борьбы с коррозией металла оборудования нефтехимического производства. Одним из способов предотвращения коррозии является соблюдение стандартов качества воды, поступающей в теплообменное оборудование. Влияние щелочности котельной воды на это оборудование уже отмечалось. На отложение накипи, а также вероятность образования пены и удаления солей, растворенных в воде вместе с паром, большое влияние оказывает общая соленость котельной воды. Приближаясь к предельно допустимым значениям щелочности и концентрации солей при эксплуатации котла, необходимо обеспечить обмен воды в котле, его продувку. Соли и щелочи, поступающие из питательной воды, удаляются во время продувки, в результате чего достигается определенное равновесие [5]. Возникающие проблемы многоплановы, они требуют комплексного решения. Один из вариантов подобного решения – применение комплекса взаимосовместимых реагентов, включающих ингибиторы коррозии, биокоррозии, солеотложений.

В статье были затронуты проблемы эксплуатации теплообменников. Исследование показало, что наиболее распространенной причиной коррозии является плохой контроль за качеством воды, подаваемой в теплообменник. Для поддержания работы всех механизмов необходим постоянный контроль, осторожное обращение и следование инструкциям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паровая турбина. Википедия – свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 15.09.2015).
2. Большая энциклопедия нефти и газа. URL: <http://www.ngpedia.ru/id502402p1.html> (дата обращения: 09.09.2015).
3. Энциклопедия теплоснабжения на информационной системе по теплоснабжению РосТепло.ру. URL: <http://www.rosteplo.ru> (дата обращения 05.10.2015).
4. *Щеголев М.М.* Топливо, топки и котельные установки. 4-е изд., перераб. М.: Госстройиздат, 1953. 546 с.
5. Ремонт технологического оборудования: метод. пособие / Сост. Е. Доровских; Кириш. политехн. техникум. 23 с. URL: <http://spokipk.kiredu.ru/posobie%20operatorov/Ремонт%20технологического%20оборудования>

## АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

**В.Д. Тележкин, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается деталь пуансон, её микроструктура и дефект полученный в ходе химико-термической обработки, а также возможные решения проблемы.*

*Данная деталь изготовлена из Стали X12Ф1, применяемая для изготовления холодных штампов высокой устойчивости против истирания, которые не подвергаются сильным ударам и толчкам.*

**Ключевые слова:** пуансон, защитная среда, окисление по границам зёрен, риски на рабочей поверхности

## ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE DESTRUCTION OF COLD STAMPS

**V.D. Telezhkin, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The stamp, its microstructure and the defect obtained during chemical-thermal treatment, as well as possible solutions to the problem are considered.*

*This detail is made of Cr12F1 Steel, used for the manufacture of cold stamp abrasion resistance, which are not subjected to strong shocks.*

**Keywords:** stamp, protective environment, grain boundary oxidation, marks on the working surface

На исследование была представлена деталь пуансон с дефектом. На рабочей пуансона наблюдается сетка внутреннего окисления в виде мелких трещин по границам зёрен и участки выкрашивания поверхности. Деталь представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Пуансон**

Химический состав марки Стали Х12Ф1 представлен в таблице 1.

**Таблица 1. Химический состав Сталь Х12Ф1, %**

Mn	Cr	V
0,30	12,00	0,80

Микротрещины на поверхности пуансона являются остатками сетки (рис. 2) внутреннего окисления, образующиеся при закалке и не полностью отшлифованной, что привело к выкрашиванию поверхности и образованию рисок.



**Рис. 2. Сетка внутреннего окисления**

Потери хрома по границам зёрен усиливаются при раскислении расплавленной смеси жёлтой кровяной солью. Микроанализ обнаруживает в таких случаях интенсивную травимость пограничных слоёв. Дефект предупреждается нагревом в расплавленных солях [1].

Микроструктура пуансона – скрытоигольчатый мартенсит шкалы ГОСТ 8233-56 с карбидами. Величина аустенитного зерна 11 баллов шкалы ГОСТ 593682. Карбидная неоднородность соответствует 3-4 баллам шкалы ГОСТ 19265-73.

#### Предупреждение окисления

Сталь X12Ф1 штамповая сталь холодного деформирования с повышенным содержанием хрома. Сталь X12Ф1 обладает хорошей теплоустойкостью и прочностью, высокой прокаливаемостью, закаливаемостью и износостойкостью. Также эта сталь технологична, хорошо обрабатывается резанием и давлением, удовлетворительно шлифуется. Очень важным аспектом является выбор защитной среды. При нагреве дляковки или отжига окисление наиболее полно предупреждают применением тех же контролируемых атмосфер, которые используют для конструкционных сталей.

Для некрупных инструментов целесообразен нагрев в расплавленных солях. При правильном выборе состава и тщательном раскислении соли обеспечивается вполне удовлетворительная защита.

Рекомендуется использовать хлористые соли. Состав их выбирают в зависимости от температуры нагрева. При нагреве 750-900 °С хорошими защитными свойствами обладает смесь, состоящая из 70% BaCl<sub>2</sub> и 30% NaCl; Температура плавления 640 °С.

Инструменты нагревают до 1000-1300 °С в ванне с BaCl<sub>2</sub> (температура плавления 962 °С). Загрязнение ванны небольшими количествами NaCl усиливает испарение соли при 1200-1300 °С и затрудняет контроль температуры. Испарение происходит, когда инструменты подогревают при 800-900 °С в смесях BaCl + NaCl или KCl + NaCl. Поэтому для сталей, закаленных с высоких температур, целесообразно понижать температуру первого подогрева до 500-600 °С, выполняя его в воздушной печи, и, наоборот, повышать температуру второго подогрева до 1050 °С в соли BaCl<sub>2</sub>.

Лучшая защита достигается при нагреве в свежеприготовленной ванне. Расплавленные соли постепенно взаимодействуют с окружающей атмосферой и с окисной пленкой, имеющейся на поверхности инструментов, и насыщаются окислами (FeO), вызывающими обезуглероживание.

Каждые 6-8 ч работы ванну необходимо раскислять веществами, связывающими окислы и способствующими их выпадению на дно. Ван-

ны с  $\text{BaCl}_2$ , (78%) и  $\text{NaCl}$  (22%) раскисляют добавкой буры: 4-5% от массы соли.

Ванну с  $\text{BaCl}_2$  рекомендуется раскислять  $\text{MgF}_2$  в количестве 5-6% от массы соли. В этом случае обеспечивается почти полная защита даже чувствительных к обезуглероживанию молибденовых и кобальтовых быстрорежущих и штамповых сталей. При отсутствии  $\text{MgF}_2$  ванну раскисляют бурой (0,5-1%) или ферросилицием (1-2%). Однако бура усиливает выделение паров, а ферросилиций разрушает шамотную футеровку; поэтому лучше раскислять ванну одновременно ферросилицием и бурой, соответственно уменьшая долю каждой добавки.

Кроме того, в электродной ванне следует применять электроды из малоокисляющейся стали с 25-28% Cr.

Отпуск для стали X12Ф1 следующий: однократный 1,5-часовой с температурой 350–400 °С. Отпуск будем проводить в стандартной электродной соляной ванне с формой рабочего пространства в виде шестигранной призмы типа С – 75, с максимальной рабочей температурой 1300 °С.

В качестве среды для отпуска будем использовать расплав соли: 30%  $\text{BaCl}_2$  + 20%  $\text{NaCl}$  + 50%  $\text{CaCl}_2$ , с  $t_{\text{плав}} = 450$  °С,  $t_{\text{раб}} = 500 - 675$  °С.

После проведения закалки и отпуска сталь X12Ф1 должна обладать следующими свойствами: твердость не ниже 57–58 HRC, теплостойкость  $T=420$  °С, удовлетворительная прочность и вязкость, высокое сопротивление малым пластическим деформациям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975. 584 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**Н.В. Филиппов, Р.О. Хватов, В.А. Алов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается модернизированная конструкция и технология изготовления шатуна, применяемого в двигателях внутреннего сгорания. Приводится сравнение маршрутов изготовления шатуна модернизированной конструкции и традиционно применяемой.*

***Ключевые слова:** сплит-разъем, разрывной шатун, горячая объемная штамповка, сталь С70S6*

## **MODERNIZATION OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGY OF MANUFACTURING CONNECTING ROD FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**N.V. Filippov, R.O. Khvatov, V.A. Alov**

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

Yaroslavl State Technical University

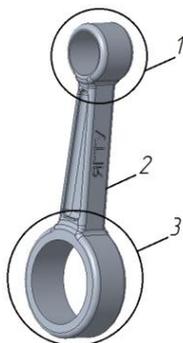
*The modernized design and manufacturing technology of a connecting rod used in internal combustion engines is considered. A comparison of the routes of manufacturing the connecting rod of the modernized design and the traditionally used one is given.*

***Keywords:** split connector, bursting connecting rod, hot die forging, steel C70S6*

Шатун является одной из деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС), преобразующего поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого

го вала. Он во многом определяет технические характеристики двигателя и, в первую очередь, его надежность.

Шатун состоит из стержня, верхней и нижней головок (рис. 1).

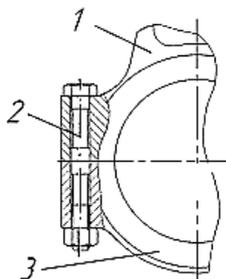


**Рис. 1. Общий вид шатуна:**

1 – верхняя головка шатуна (ВГШ);  
2 – стержень; 3 – нижняя головка (НГШ)

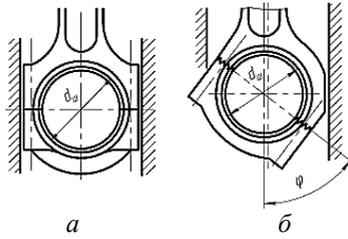
Большинство конструкций шатунов выполняют разъемными, что обусловлено технологией сборки-разборки двигателя. В разъемных конструкциях нижняя часть (крышка) отделена от остальной части шатуна. Наиболее распространенное соединение крышки и основной части шатуна – болтовое (рис. 2). Разъем выполняют как плоский, так и косой (рис. 3).

В шатунах с косым разъемом в месте стыка под действием нагрузок возникают значительные переменные силы сдвига. В связи с этим стыковые поверхности выполняют профилированными (рис. 4).

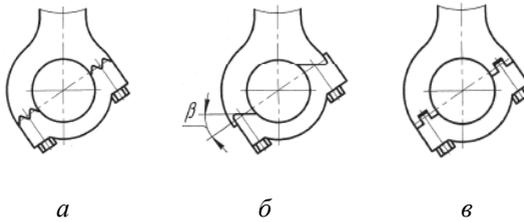


**Рис. 2. Способ соединения элементов шатуна:**

1 – шатун; 2 – болт; 3 – крышка шатуна

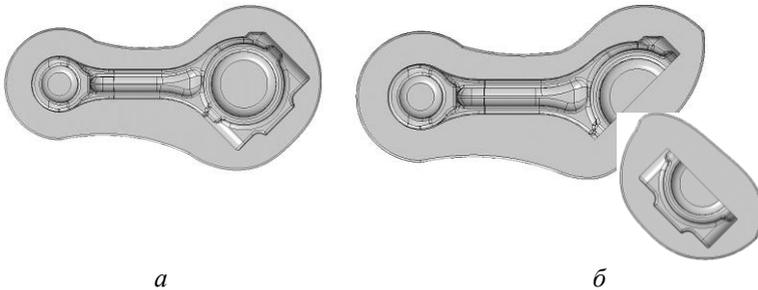


**Рис. 3. НГШ с различными разрезами:**  
*a* – прямой; *б* – косой



**Рис. 4. Виды стыковых соединений:**  
*a* – шлицевое; *б* – однозубое с силовым замыканием; *в* – шпоночное

Заготовкой для шатуна с разъемной крышкой может служить как цельная поковка, так и две поковки: шатун и крышка отдельно (рис. 5), получаемые горячей объемной штамповкой.

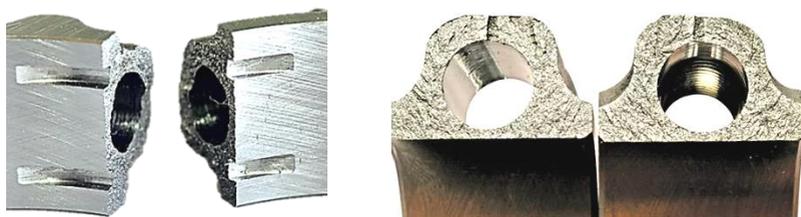


**Рис. 5. Поковки шатунов с облоем:**  
*a* – штампованный с крышкой;  
*б* – отдельные поковки крышки и шатуна

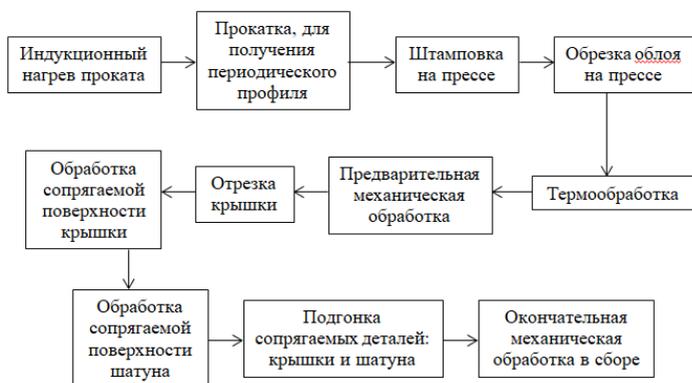
Вне зависимости от применяемой заготовки (цельная, либо крышка и шатун отдельно), у шатунов с косым разъемом, необходимо обрабатывать сопрягаемые поверхности и предусматривать способ центрирования крышки относительно шатуна.

Усовершенствование конструкции и технологии изготовления заключается в применении сплит-разъема, получаемого в результате излома нижней головки шатуна. Данный способ производства значительно технологичнее традиционного: исключаются операции обработки плоскости стыка, следовательно, снижаются затраты на инструментальный и конструкционный материалы, уменьшается трудоемкость, повышается производительность. Нет необходимости центрировать крышку относительно шатуна, так как взаимориентация происходит за счет существующей шероховатости на стыкуемых поверхностях (рис. 6). Материал, который при разрыве пластически не деформируется, а разрушается – сталь С70S6.

Маршрут традиционного и усовершенствованного технологических процессов представлен на рис. 7 и 8 соответственно.



**Рис. 6. Стык «разрывного» шатуна**



**Рис. 7. Маршрут изготовления шатуна по традиционной технологии**



**Рис. 8. Маршрут изготовления шатуна по модернизированной технологии**

Таким образом, рассмотренная технология сплит-разъема («разрывного» шатуна), по предварительной оценке позволит повысить производительность и точность изготовления, снизит существующие затраты на механическую обработку шатуна. Однако остается открытым вопрос создания оптимального материала, который будет соответствовать предъявляемым требованиям по прочности, усталости, износостойкости и твердости и, в то же время, будет поддаваться разрушению по линии разъема крышки и шатуна, без пластической деформации. Существующая сталь С70S6 является единственной отвечающей перечисленным требованиям, но обладает невысокой обрабатываемостью резанием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 16-клапанники 2008 года. URL: [https://www.zr.ru/content/articles/16070-16-klapanniki\\_2008\\_goda/#](https://www.zr.ru/content/articles/16070-16-klapanniki_2008_goda/#)
2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов высших учебных заведений / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под. ред. Н.Д. Чайнова. М.: Машиностроение, 2008. 496 с.
3. Горячештампованная микролегированная сталь с превосходным разрушением при изломе и обрабатываемостью. URL: <https://findpatent.ru/patent/243/2431694.html>

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАСС В ОРУЖЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Р.О. Хватов, В.А. Алов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается применение пластмасс в оружейном производстве. Свойства современных пластиков практически сопоставимы со свойствами лёгких сплавов и превосходят незакалённую сталь.*

***Ключевые слова:** оружейное производство, конструкционные материалы, пластмассы, стеклонаполненный полиамид*

## APPLICATION OF PLASTICS IN WEAPON MANUFACTURING

**R.O. Khvatov, V.A. Alov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The use of plastics in weapons production is considered. The properties of modern plastics are almost comparable to those of light alloys and are superior to non-hardened steel.*

***Keywords:** weapons production, construction materials, plastics, glass-filled polyamide*

Технологический прогресс применения пластмасс в сфере оружейной техники связан в основном с двумя факторами:

- появление новых конструкционных материалов и повышением физико-механических характеристик традиционных материалов;
- появление новых технологий (которые, во многих случаях, также были обусловлены новыми конструкционными материалами) [1].

Появление высококачественных легированных сталей, обеспечивающих повышенные прочностные характеристики и термостойкость, дало возможность существенно снизить вес оружия без ущерба живучести.

Сегодня конструкторы-оружейники используют легированные стали для всех подверженных динамическим нагрузкам деталей.

Последняя четверть прошедшего столетия стала временем массового распространения пластмассы в конструкциях стрелкового оружия. Обычно этот процесс принято связывать с пистолетом Glock, хотя и за три года до него появилась штурмовая винтовка AUG, в которой из пластмассы был изготовлен даже ударно-спусковой механизм (за исключением пружин). Первопроходцами в этом направлении стали австрийские оружейники: школа проектирования и производства оружия, близко связанная с одной из лучших в мире – немецкой, передовое технологическое оснащение, а также относительно небольшая численность армии и нейтральный политический статус страны.

Процесс внедрения нового материала в стрелковое оружие начался намного раньше. В конце XX века конструкторы ограничивались заменой деревянных щёчек рукоятки на пистолетах пластмассовыми. В те времена уже предпринимались первые попытки возложить на пластик более широкие функции.

Следующий шаг связан с появлением стеклонаполненных полиамидов – полимерных материалов, обладающих высокой прочностью в сочетании с хорошими технологическими свойствами: они хорошо льются под давлением [2]. В отечественной оружейной технике литьевой полиамид заменил дерево на цевье, накладке и прикладе.

В настоящее время, стеклонаполненный полиамид стал наиболее распространённым пластиком, применяемым для изготовления деталей стрелкового оружия, который обладает следующими свойствами:

- высокая жёсткость, прочность и ударная вязкость;
- высокая износостойкость и пониженный коэффициент трения;
- температурный интервал работоспособности составляет от  $-60$  до  $+140$  °C (длительно) и до  $+200$  °C (кратковременно);
- длительная работоспособность в условиях одновременного воздействия повышенных температур, знакопеременных напряжений и агрессивной среды (пары воды, масло, щёлочи, слабые кислоты).

По механическим характеристикам пластики этого типа практически сравнялись с литейными алюминиевыми сплавами. При этом плотность пластиков (удельный вес) в два раза меньше.

Удельную прочность – отношение предела прочности к плотности материала, зачастую используют для сравнения материалов, различающихся по механическим характеристикам и по плотности.

Данные, приведённые в таблице 1, говорят о том, что по показателю удельной прочности современный пластик практически сопоставим с лёгкими сплавами и превосходит незакалённую сталь. Эти качества вместе с хорошими технологическими свойствами дают малую усадку при литье, и обусловили всё расширяющееся распространение пластмассы как конструкционного материала в стрелковом оружии.

**Таблица 1. Удельная прочность конструкционных материалов**

Материал	Стеклонаполненный полиамид	Дуралюмин Д16	Сталь среднеуглеродистая, незакаленная
$\delta_{b/p}$ , МПа/кг/м <sup>3</sup>	0,11...0,12	0,14...0,15	0,08

Технологические особенности литьевых полиамидов открыли путь к революционным изменениям в дизайне стрелкового оружия, в том числе и такой достаточно консервативной сфере как военное оружие. Литьё позволяет получать формы практически любой сложности [3]. Тем самым появилась возможность реализовывать достижения эргономики и тиражировать их в любом масштабе. Механические свойства полиамидов дают возможность в ряде случаев отказаться от армирования стальными вставками – направляющими и (или) усилителями. Малое влагопоглощение обеспечивает существенное преимущество при эксплуатации в условиях влажной среды. Возможность реализации «принципа конструктора»: набор сменных элементов, позволяющих получать гамму модификаций.

Конструкторы и дизайнеры в последние годы всё чаще обращаются к пластмассе, как к конструкционному материалу. И это вполне объективный процесс.

Производство пластмассы не связано с географическим фактором. Производители пластмассы непрерывно работают над повышением физико-механических характеристик своей продукции. По сравнению с технологиями, применяющимися в 1960-х годах, основные механические свойства конструкционных пластмасс (предел прочности при растяжении и изгибе, ударная вязкость) выросли в два раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова А.Ю.* Полимеры: производство, свойства, применение / А.Ю. Александрова, М.А. Проводина. Екатеринбург: Альтер эго, 2016. 412 с.
2. *Нелсон У.Е.* Технология пластмасс на основе полиамидов. М.: Химия, 1979. 256 с.
3. *Лапшин В.В.* Основы переработки термопластов литьем под давлением. М.: Химия, 1974. 270 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ**

**Е.Д. Чучмарь, М.П. Петрова**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведены исследования разрушения литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты. Установлена неравномерность разрушения литейного кокса различных классов крупности.*

*Ключевые слова:* механическая прочность, разрушение, испытания, литейный кокс

## **INVESTIGATION OF THE DESTRUCTION OF FOUNDRY COKE IN THE PROCESS OF LOADING THE METAL PART OF THE CHARGE INTO THE CUPOLA**

**E.D. Chuchmar, M.P. Petrova**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Researches of destruction of foundry coke in the course of loading in a cupola furnace of a metal part of charge are carried out. The non-uniformity of the destruction of foundry coke of various sizes has been established.*

*Keywords:* mechanical strength, destruction, tests, foundry coke

Вагранки представляет собой печь шахтного типа, предназначенную для переплавки передельного чугуна. В качестве топлива при ваграночной плавке используется литейный кокс [1, 2].

При загрузке литейный кокс испытывает ударные воздействия, в следствии чего изменяется его гранулометрический состав. После продувки холостой колоши в течение 2-3 минут начинают загрузку вагранки,

чередую слои металлической шихты, кокса и флюса. При этом части металлической шихты, загружаемые сверху на литейный кокс, оказывают на него ударные воздействия.

Размеры кусков металлической шихты не должны превышать 250x200x100 мм при весе не более 35 кг. Все вторичные материалы должны быть разделены на части, не превышающие по длине 1/3 диаметра вагранки. Максимальный вес отдельных кусков не должен превышать 50 кг для вагранок диаметром до 1000 мм, и 70 кг для больших [1, 3, 4].

Соответственно при загрузке металлической колоши на литейный кокс попадают куски металла массой от 10 до 70 кг, некоторые из которых имеют острые элементы (литниковые системы), что может приводить к разрушению кокса и, как следствие, изменению его гранулометрического состава и дренажной способности столба шихты [5].

С целью определения степени разрушения литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты проведена серия предварительных испытаний при высоте падения груза 400 мм. Испытывались образцы 2 партий (табл. 1) классов крупности 60-80 мм и 80 мм и более. Результаты испытаний представлены в таблицах 2, 3.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что литейный кокс различных партий разрушается неодинаково. Степень разрушения литейного кокса партии 1 в среднем приблизительно в 3 раза меньше степени разрушения литейного кокса партии 2.

**Таблица 1. Данные сертификатов качества испытываемых образцов**

Обозначение партии	Массовая доля влаги, $W_t^r$ , %	Зольность, $A^d$ , %	Массовая доля серы, $S_t^d$ , %	Прочность, $M_{40}$ , %	Доля кусков менее 40 мм, %
1	0,6	10,5	0,47	75,0	4,5
2	5,0	10,3	0,65	76,6	5,3

**Таблица 2. Результаты пробной серии испытаний при массе груза 10 кг и высоте падения 400 мм**

Класс крупности до испытаний, мм	№ партии	Значение показателя прочности $P_p$ , %	Класс крупности, мм			
			Менее 40	40-60	60-80	80 и более
			Содержание класса крупности, %			
60-80	1	0,16	0	20,8	62,8	
	2	0,38	22,2	62,1	0	
80 и более	1	0,092	0	9,4	0	86,2
	2	0,13	0	7,8	29,8	49,5

**Таблица 3. Результаты пробной серии испытаний при массе груза 20 кг и высоте падения 400 мм**

Класс крупности до испытаний, мм	№ партии	Значение показателя прочности $P_p$ , %	Класс крупности, мм			
			Менее 40	40-60	60-80	80 и более
			Содержание класса крупности, %			
60-80	1	0,32	14,7	67,6	0	
	2	0,32	18,5	0	68,0	
80 и более	1	0,02	0	0	21,8	76,3
	2	0,16	18,7	36,9	55,1	47,7

Для литейного кокса второй партии наблюдается более значительное изменение гранулометрического состава, более характерно образование класса крупности менее 40 мм (до 18,7%). По сравнению с коксом партии 1 содержание класса крупности 80 мм и более меньше на 36,7% при массе груза 10 кг, и на 28,6% при массе груза 20 кг. Полученные данные необходимо учитывать при подготовке металлической шихты в случае смены поставщика и как следствие изменения прочностных свойств литейного кокса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чернышов Е.А.* Плавильные печи литейных цехов. Часть 1. Вагранка: учеб. пособие / Е.А. Чернышов. Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. 196 с.
2. *Нефедов П.Я.* Качество и эффективность использования литейного кокса в вагранках / П.Я. Нефедов, В.М. Страхов // Кокс и химия. 2003. № 7. С. 16-26.
3. Ваграночный процесс плавки чугуна: учебное пособие / В.И. Матюхин, В.В. Мадисон, В.Б. Поль, С.В. Брусницын, И.А. Вайс. Екатеринбург: Уральский гос. техн. ун-т - УПИ, 2003. 158 с.
4. *Сидоров А.В.* Повышение экологической и энергетической эффективности работы вагранок на основе разработки и исследования новых способов снижения выбросов окиси углерода и расхода топлива: дис. ... канд. техн. наук. 05.14.04 / А.В. Сидоров. Иваново, 1999. 173 с.
5. Выбор потребительских свойств металлургического кокса для обеспечения эффективности ваграночной плавки / В.И. Матюхин, В.Б. Бабанин, М.В. Зорин, С.Г. Стахеев, А.В. Матюхина // Кокс и химия. 2015. № 3. С. 20-25.

УДК 620.22 : 699.844

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

**А.А. Шеншова**

Научный руководитель – **Л.Э. Шашкова**, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный университет

*Работа посвящена проблеме переработки отходов, возможности получения нового материала и его дальнейшего использования в сфере строительства для целей звукоизоляции.*

**Ключевые слова:** переработка, многослойные конструкции, звукоизоляционные характеристики

## **ON THE POSSIBILITY OF APPLYING NEW RECYCLED MATERIALS**

**A.A. Shenshova**

Scientific Supervisor – **L.E. Shashkova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Vologda State University

*The work is devoted to the problem of waste processing, the possibility of obtaining a new material and its further use in the construction industry for sound insulation purposes.*

**Keywords:** recycling, multilayer structures, soundproofing characteristics

Современные процессы глобализации, ускорение процессов развития экономики, технологий, интеграция информационного общества требуют постоянного совершенствования форм и методов производственного управления. Проблемы и риски, которые ещё недавно касались только одного государства, в современном мире всё чаще становятся актуальными для всего человечества. Каждая компания, любая отрасль промышленности и экономики, так или иначе, задействована в экономических,

социальных, геополитических, экологических, технологических, социальных вопросах, которые напрямую или косвенно диктуют направления дальнейшей деятельности и развития общества. Не секрет, что для изготовления каких-либо изделий используются определенные материалы, доля стоимости которых в зависимости от отрасли производства составляет от 35 до 80%, поэтому каждый производитель стремится к сокращению расходов, а значит и снижению себестоимости продукции за счёт экономии материалов [1]. Немаловажен тот факт, что органические ископаемые материалы, применяемые в промышленности (руды для металлов и сплавов, газ, нефть и другие) являются ограниченными, более того не все страны имеют залежи природных ископаемых на своих территориях, а те, кто имеет, используют их не всегда экологично и эффективно. Поэтому вопросы экологии, экономии и эффективного использования материальных ресурсов земли становятся всё более актуальными и дискуссионными, вызывая неподдельный интерес научного сообщества.

Одним из направлений научных дискуссий по вопросам экономии материалов является их вторичное использование и переработка, что также отвечает задачам экологического сохранения окружающей среды, даже, несмотря на то, что переработка и утилизация некоторых материалов наносит вред биосфере планеты. Однако бездумное захоронение отходов или безответственное отношение к использованным материалам вызывает гораздо большую опасность в экологических аспектах жизнедеятельности социума. Так, например, переработка металлолома не вызывает больших технических затруднений, более того, является экономически выгодной. Вопросы переработки изделий или промышленного мусора из пластмасс, керамики и резины вызывает ряд вопросов, так как разлагаются полимерные отходы медленно, более того некоторые виды пластика вообще не подлежат вторичной обработке, а при принудительной утилизации загрязняют атмосферу и окружающую среду. При грамотном подходе вторсырьё из резины используется для изготовления новых изделий, а вторсырьё из стекла может как использоваться по прямому назначению, так и служить для придания жесткости при добавлении в изделия и другие материалы.

В современном мире в промышленности большую часть и значимое место занимают неметаллические материалы, к которым можно отнести стекло, резину, пластик, дерево и вторсырьё из них. Более того, их производство и области применения значительно опережают производственные мощности изделий и сырья из металлических материалов, особенно в строительстве и отделочных работах. С точки зрения материаловедения, разработка современных конструкционных материалов с необ-

ходимыми техническими характеристиками, превышающими имеющийся уровень, позволяет находить новые возможности для их применения в различных отраслях промышленности, производства и строительства. Стоит отметить, что, несмотря на целесообразность применения пластика в различных областях жизнедеятельности, благодаря его техническим характеристикам и экономической эффективности необходимость применения металла не теряет своей актуальности, особенно в промышленном производстве.

Последние десятилетия весьма востребованными стали сложные или композиционные материалы, которые состоят из неразстворимых друг в друге и отличающихся по своей технической характеристике определенных компонентов. Такие материалы используются в сложных конструкциях, поэтому представляют особый интерес для научного сообщества. Так, например, при новом строительстве или ремонтных работах в старых постройках основной интерес представляет использование многослойных конструкций, а также разработка на их основе новых конструктивных решений, с повышенными звукоизоляционными характеристиками, при их меньшей толщине и массе по сравнению с однослойными [2]. Более того, в практике проектирования звукоизолирующих ограждающих конструкций используются однослойные и многослойные конструкции. Однослойными конструкциями, как правило, являются конструкции, выполненные из одного материала и обладающие достаточно высокой массой. Применение таких конструкций не всегда эффективно, так как приводит к увеличению нагрузки на здание и к увеличению расхода материала. В этой связи в последнее время в практике строительства начинают применяться конструкции, состоящие из слоистых элементов [3-5].

Качественный и правильный выбор материала в современном строительстве имеет большое значение для дальнейшей эксплуатации. Это позволяет существенно сэкономить материальные ресурсы, облегчить возводимые конструкции, предусмотреть технические возможности и преимущества используемых изделий, а также определить и выбрать наилучший комплекс механических или специальных свойств используемых материалов. Появление новых на основе вторичной переработки композиционных материалов, которые имеют научное обоснование и проходят технологические испытания позволяют расширять сферу их применения в строительстве, ремонтных и отделочных работах, что в свою очередь вносит новые направления в экономическую сферу развития строительной отрасли, делая её изыскания обоснованными и востребованными не только для производителей, но и для населения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Г. М. Инновационное материаловедение // Инновации. 2010. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnoe-materialovedenie> (дата обращения: 18.03.2022).
2. Пат. на полезную модель RU 176345, МПК E04C 1/40, E04B1/82. Звукоизоляционный строительный элемент с вибропоглощением / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, Н.А. Кочкин, А.В. Киряткова, И.В. Матвеева; заявитель и патентообладатель Вологод. гос. ун-т. № 2016149061; заявл. 13.12.2016; опубл. 17.01.2018, Бюл. № 2. 6 с.
3. *Шашкова Л.Э.* Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л.Э. Шашкова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2018. № 6(1006). С. 26-27.
4. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А.В. Киряткова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин, Л.Э. Шашкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 4(32). С. 73-79.
5. О способе повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А.А. Кочкин, А.В. Киряткова, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2019. № 6(1018). С. 6-7.

# СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ»

УДК 004.932 : 681.518 : 620.18

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФРАКТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

**А.Е. Беляев, И.Н. Паламарь**

Научный руководитель – **И.Н. Паламарь**, канд. техн. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

*Рассматривается зависимость фрактальной, информационной и корреляционной размерностей изображения от его разрешения. Показано наличие зависимости фрактальных характеристик от разрешения исходного изображения.*

***Ключевые слова:** фрактальные характеристики, определение параметров структуры*

## DETECTION OF THE FRACTAL CHARACTERISTICS DEPENDENCE ON IMAGE RESOLUTION

**A.E. Belyaev, I.N. Palamar**

Scientific supervisor – **I.N. Palamar**, Candidate of Technical Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The dependence of the fractal, informational and correlation dimensions of the image on its resolution is considered. It is shown that the fractal characteristics depend on the resolution of the original image.*

***Keywords:** fractal characteristics, determination of structure parameters*

Многие эксплуатационные свойства изделий зависят не только от материала, но и от его структуры: расположения частиц, их форм и раз-

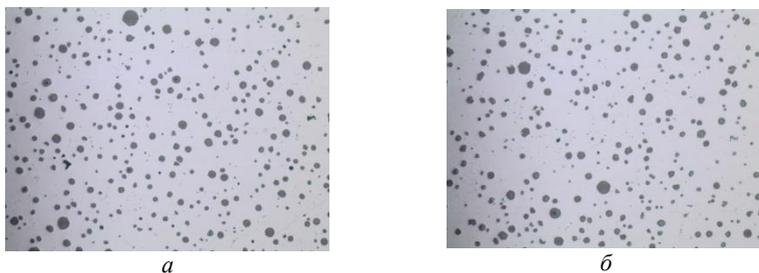
меров. В промышленности актуальной задачей является автоматизированное определение параметров структуры материала.

Одним из способов автоматизированного определения параметров структуры является расчёт фрактальных характеристик, в частности, фрактальной, информационной и корреляционной размерностей.

Связь параметров структуры сплава с фрактальными характеристиками её изображения показана в работе [1].

Для автоматизированного расчёта фрактальной, информационной и корреляционной размерностей используется специальное программное обеспечение, позволяющее по изображению (фотоснимку, сделанному с помощью микроскопа) структуры рассчитать необходимые фрактальные характеристики. Изображения могут иметь различное качество (разрешение). Для корректной интерпретации результатов необходимо выявить влияние разрешения изображения на рассчитанные по нему значения фрактальной, информационной и корреляционной размерностей.

С целью определения зависимости фрактальных характеристик изображения от его разрешения с помощью ранее разработанного программного обеспечения [2] произведён расчёт фрактальной, информационной и корреляционной размерностей ряда изображений с изменением разрешения каждого анализируемого изображения. В качестве примера далее представлены результаты расчётов для двух изображений (рис. 1).



**Рис. 1. Изображения № 1 (а) и № 2 (б) для расчёта размерностей**

Результат расчёта значений размерностей изображения № 1 (рис. 1, а) приведён в таблице 1.

**Таблица 1. Результат расчёта значений размерностей изображения № 1**

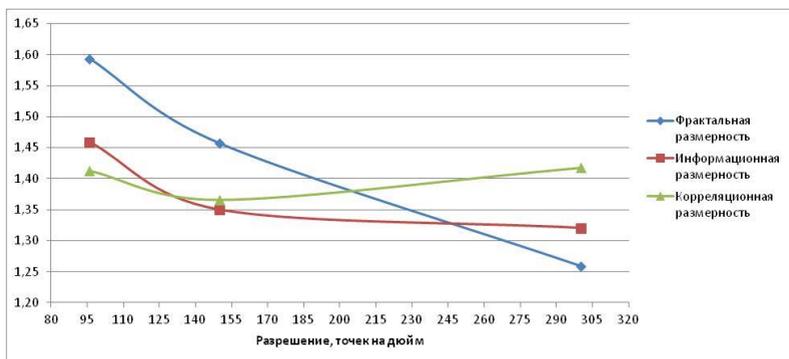
Разрешение	96 точек на дюйм	150 точек на дюйм	300 точек на дюйм
Фрактальная размерность	1,5933380	1,4569510	1,2592846
Информационная размерность	1,4586895	1,3500265	1,3205577
Корреляционная размерность	1,4130506	1,3660395	1,4178678

Результат расчёта значений размерностей изображения № 2 (рис. 1, б) приведён в таблице 2.

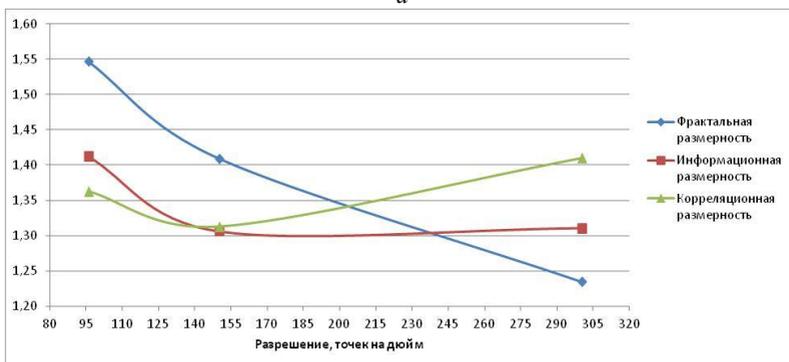
**Таблица 2. Результат расчёта значений размерностей изображения № 2**

Разрешение	96 точек на дюйм	150 точек на дюйм	300 точек на дюйм
Фрактальная размерность	1,5468793	1,4093055	1,2343844
Информационная размерность	1,4124660	1,3062700	1,3108044
Корреляционная размерность	1,3629924	1,3124999	1,4101581

Графики зависимости фрактальной, информационной и корреляционной размерностей от разрешения исходного изображения представлены на рис. 2.



*а*



*б*

**Рис. 2. Графики зависимости размерностей от разрешения изображения:**  
*а* - изображение № 1, *б* - изображение № 2

Исходя из результатов расчёта (табл. 1, 2) можно сделать вывод о том, что значения фрактальной, информационной и корреляционной размерностей зависят от разрешения исходного изображения. При этом значение фрактальной размерности увеличивается при уменьшении разрешения изображения, это является следствием того, что фрактальная размерность характеризует форму, гладкость (чем значение размерности меньше, тем более гладкой является форма), а с уменьшением разрешения гладкость контуров уменьшается.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разрешение обрабатываемого изображения влияет на рассчитанные по нему фрактальные характеристики структуры материала. Это необходимо учитывать при расчётах.

Если дальнейшим этапом обработки рассчитанных значений размерностей нескольких структур является сравнительный анализ, то необходимо приводить все исходные изображения к одному (меньшему) разрешению. При этом если необходимо произвести сравнения с полученным заранее эталонным изображением, то нет необходимости стремиться сделать фотоснимок анализируемой структуры с разрешением большим, чем разрешение эталонного снимка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Картузов В.В.* Мультифрактальный анализ микроструктур алюминиевых сплавов, обработанных электрогидроимпульсным методом / В.В. Картузов, Я.Ю. Дмитришина // *Электронная обработка материалов*. 2015. № 51(2). С. 31–35.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020610880. Программа фрактальной параметризации структуры чугуна с шаровидным графитом по баллам стандартных шкал / И.Н. Паламарь, А.Е. Беляев; заявитель и правообладатель ФГОУ ВО «РГАТУ имени П.А. Соловьева». Заявка № 2019667053 от 19.12.2019; опубл. 21.01.2020.

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СЕТИ SMART GRID

**М.А. Веселов, О.Ю. Марьясин**

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена задача управления режимами работы сети Smart Grid, которая помимо центральной сети электроснабжения включает локальные генераторы, накопители и потребители электроэнергии. Приведен пример решения задачи для простой сети Smart Grid с использованием библиотеки pandapower языка Python.*

***Ключевые слова:** smart grid, оптимальный поток мощности, возобновляемые источники энергии, python, pandapower*

## OPTIMAL CONTROL OF SMART GRID OPERATION MODES

**M.A. Veselov, O.Yu. Maryasin**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers the problem of control the operating modes of the Smart Grid network, which, in addition to the central power supply network, includes local generators, storage devices and consumers of electricity. An example of solving a problem for a simple Smart Grid network using the pandapower Python library is given.*

***Keywords:** smart grid, optimal power flow, renewable energy resources, python, pandapower*

Задача оптимального управления режимами работы распределенной интеллектуальной сети (Smart Grid – SG), которая помимо центральной сети электроснабжения включает локальные источники, накопители и потребители энергии может быть поставлена как задача оптимального потока мощности (Optimal Power Flow – OPF). OPF – хорошо известная

задача оптимизации в энергосистемах. Эта проблема была впервые представлена Карпенгером в 1962 году [1]. Задача OPF заключается в том, чтобы найти такой установившийся режим энергосистемы, который минимизирует затраты на производство и потребление электроэнергии при одновременном удовлетворении эксплуатационных ограничений. Задача OPF может быть сформулирована как задача нелинейного программирования.

Распределенная сеть SG может быть представлена как ориентированный граф  $G(N, E)$ , где  $N$  представляет собой множество шин (узлов) в сети, а  $E$  – множество ребер (дуг), соединяющих шины. Обозначим  $e_{ij} \in E$  как дугу с начальной шиной  $i$  и конечной шиной  $j$ . К каждой шине может быть подключено множество электрических устройств, которые могут генерировать или потреблять электроэнергию из сети. Множество всех устройств, подключенных к сети, обозначим как  $D$ , а множество всех устройств, подключенных к шине  $i$ , как  $D_i \subseteq D$ . С каждой шиной связан набор технологических переменных: напряжение шины  $U_i^b$ , ток шины  $I_i^b$ , активная мощность  $P_i^b$ , реактивная мощность  $Q_i^b$  и полная мощность  $S_i^b$ . Аналогично, переменные  $I_{ij}$ ,  $P_{ij}$ ,  $Q_{ij}$  и  $S_{ij}$  относятся к ребру  $e_{ij}$ .

Различные электрические устройства, подключенные к сети, можно разделить на пассивные нагрузки  $l \in D_L$ , генераторы  $g \in D_G$  и распределенные накопители энергии (Distributed Energy Storage – DES)  $D_{DES}$ . Среди генераторов выделим возобновляемые источники энергии (Renewable Energy Resources – RER)  $D_{RER} \in D_G$  и эталонный (балансирующий) генератор  $g_{sb}$ . Назначением эталонного генератора является балансировка потоков мощности с учетом выработки электроэнергии, нагрузки и потерь в сети.

На практике при решении задачи OPF часто переходят от уравнений для переменного тока (AC Power Flow) к уравнениям для “постоянного” тока (DC Power Flow) [2]. Это достигается путем введения упрощающих допущений и отказа от учета реактивной мощности. В этом случае задача OPF может быть сформулирована следующим образом:

$$J = \sum_{k=t+1}^{t+n} \left( \sum_{d \in D_G} c_{g,t} P_{g,k} + \lambda \sum_{e_{ij} \in E} \max(0, |P_{ij,k}| - S_{maxij}) \right) \rightarrow \min_{P_{d,k}} \quad (1)$$

$$P_{i,k}^b = \sum_{d \in D_i} P_{d,k}, \quad i \in N, k = t+1, \dots, n, \quad (2)$$

$$P_{i,k}^b = \sum_{e_{ij} \in E} B_{ij}(\theta_{i,k} - \theta_{j,k}) + \sum_{e_{ji} \in E} B_{ji}(\theta_{i,k} - \theta_{j,k}), \quad i \in N, k = t+1, \dots, n, \quad (3)$$

$$P_{ij,k} = B_{ij}(\theta_{i,k} - \theta_{j,k}), \quad k = t+1, \dots, n, \quad (4)$$

$$P_{l,k} = P_{l,k}^s, \quad l \in D_l, \quad k = t+1, \dots, n, \quad (5)$$

$$P_{dmin,k} \leq P_{d,k} \leq P_{dmax,k}, \quad d \in D, \quad k = t+1, \dots, n, \quad (6)$$

$$\frac{1}{\Delta t \eta} (C_{d,k} - C_{dmax}) \leq P_{d,k} \leq \frac{\eta}{\Delta t} (C_{d,k} - C_{dmin}), \quad d \in D_{DES}, \quad k = t+1, \dots, n, \quad (7)$$

$$0 \leq \theta_{i,k} \leq 2\pi, \quad i \in N, k = t+1, \dots, n, \quad (8)$$

$$\theta_{0,k} = 0, \quad k = t+1, \dots, n, \quad (9)$$

где индекс  $k$  служит для обозначения момента времени  $k = t+1, \dots, n$ ,  $c_{g,t}$  – стоимость электроэнергии, полученной от генератора  $g \in D_G$  на интервале времени  $[t, t+1]$ ,  $P_{g,k}$  – активная мощность генератора  $g \in D_G$ ,  $S_{maxij}$  – максимальная полная мощность, которая может передаваться через ребро  $e_{ij}$ ,  $P_{d,k}$  – активная мощность устройства  $d \in D_i$ ,  $B_{ij}$  – емкостная проводимость,  $\theta_{i,k}$  – фазовый угол в узле  $i$ ,  $P_{l,k}^s$  – планируемое или прогнозируемое значение мощности нагрузки,  $P_{dmin,k}$ ,  $P_{dmax,k}$  – минимальная и максимальная активная мощность устройства  $d \in D$ ,  $C_{d,k}$  – уровень заряда накопителей энергии в момент времени  $k$ ,  $C_{dmin}$ ,  $C_{dmax}$  – минимальный и максимальный уровень заряда устройства  $d \in D_{DES}$ ,  $\theta_{0,k}$  – фазовый угол эталонного генератора.

Авторы для моделирования сети SG и решения задачи OPF использовали библиотеку pandapower языка Python. Рассмотрим пример простой сети SG, схема которой показана на рис. 1.

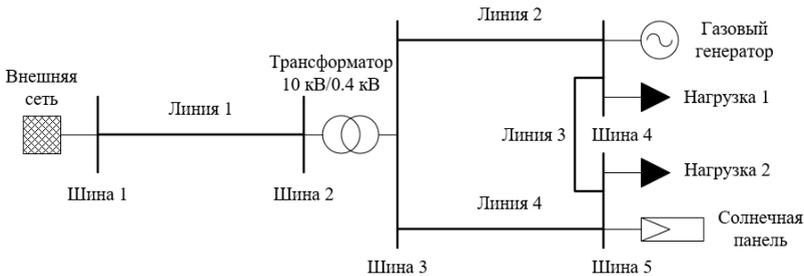


Рис. 1. Схема SG

Сеть SG на рис. 1 включает внешнюю сеть 10 кВ, Шину 1 и Шину 2 на 10 кВ, Линию 1 протяженностью 10 км на 10 кВ, трансформатор 10 кВ/0.4 кВ, Шину 3 на 380 В, Линию 2 протяженностью 800 м на 380 В, Шину 4 и Шину 5 на 380 В, Линию 3 протяженностью 500 м на 380 В, Линию 4 протяженностью 700 м на 380 В, Нагрузку 1 мощностью 40 кВт, газовый генератор мощностью 60 кВт, Нагрузку 2 мощностью 30 кВт, солнечную панель мощностью 20 кВт. Результаты решения задачи OPF показаны на рис. 2.

```

vm_pu   va_degree  p_mw    q_mvar   lam_p   lam_q
0 1.000000  0.000000  0.03  0.164384  10.0  0.0
1 1.001084  0.018048  0.00  0.000000  10.0  0.0
2 1.004743 -149.719593  0.00  0.000000  10.0  0.0
3 1.030000 -148.798755 -0.01 -0.021799  10.0  0.0
4 1.007450 -148.645285 -0.02  0.000000  10.0  0.0

p_from_mw  q_from_mvar  p_to_mw  ...  vm_to_pu  va_to_degree  loading_percent
0 -0.030000  0.0  0.030000  ...  1.0  0.018048  0.416363
1 -0.012857  0.0  0.012857  ...  1.0  -148.798755  1.613733
2 -0.002857  0.0  0.002857  ...  1.0  -148.645285  1.963771
3 0.017143  0.0 -0.017143  ...  1.0  -149.719593  2.151639

[4 rows x 14 columns]
p_mw  q_mvar
0 0.05  0.0
p_mw  q_mvar  va_degree  vm_pu
0 0.05  0.021799 -148.798755  1.0
0.7000000000000002

```

Рис. 2. Результаты решения задачи OPF

На рис. 2 отображаются значения напряжения (в единицах pu), активной и реактивной мощности для всех пяти шин и четырех линий SG, а также оптимальной активной и реактивной мощности для газового генератора и солнечной панели.

Таким образом, в работе рассмотрена задача управления режимами работы сети SG, которая помимо центральной сети электроснабжения включает локальные генераторы, накопители и потребители электроэнергии. Данная задача может быть поставлена как задача OPF, позволяющая минимизировать затраты на производство и потребление электроэнергии при одновременном удовлетворении эксплуатационных ограничений. Приведен пример решения задачи OPF для простой сети SG с использованием библиотеки pandapower языка Python.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Carpentier J.* Contribution a l'étude du dispatching économique // Bulletin de la Societe Francaise des Electriciens. 1962. Vol. 3. P. 431–447.
2. *Wood A.J.* Power generation, operation, and control / A.J. Wood, B.F. Wollenberg. John Wiley & Sons, Inc., 1984. 593 p.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАРТАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

**П.А. Данилов, О.Ю. Марьясин**

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена компьютерная модель квартальной тепловой сети, включающей источники, трубопроводы, коллекторы и потребители тепла. Приведен пример разработки модели простой тепловой сети с использованием библиотеки DHNx языка Python.*

**Ключевые слова:** квартальная тепловая сеть, гидравлическая модель, тепловая модель, python, DHNx

## COMPUTER SIMULATION OF THE DISTRICT HEATING NETWORK

**P.A. Danilov, O.Yu. Maryasin**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers a computer model of a district heating network, including sources, pipelines, collectors and heat consumers. An example of developing a simple heating network model using the Python DHNx library is given.*

**Keywords:** district heating network, hydraulic model, thermal model, python, DHNx

Квартальные тепловые сети представляют собой сложные системы, включающие множество различных объектов, таких как насосные станции, трубопроводы, центральные и индивидуальные тепловые пункты, которые в свою очередь могут состоять из целого набора взаимосвязанных компонентов. Кроме того, пространственное распределение производителей и потребителей в тепловой сети повышает сложность систе-

мы и затрудняет выполнения задач мониторинга технического состояния, эксплуатации и технического обслуживания квартальной тепловой сети.

Квартальная тепловая сеть может быть представлена как ориентированный граф  $G(N, E)$ , где  $N$  представляет собой множество узлов в тепловой сети, а  $E$  – множество дуг, соединяющих узлы. Узлами тепловой сети являются коллекторы  $C$  (распределительные устройства) и устройства  $D$ . Обозначим  $e_{ij} \in E$  как дугу с начальной шиной  $i$  и конечной шиной  $j$ . К каждому коллектору  $C_i \subseteq C$  может быть подключено множество тепловых устройств  $D_i \subseteq D$ , которые могут генерировать или потреблять тепловую энергию.

Тепловую сеть обычно рассматривают как две отдельные гидравлические сети, это сеть питающих и сеть обратных трубопроводов. Питающая сеть доставляет теплоноситель от источника к потребителям, а обратная сеть возвращает остывший теплоноситель обратно к источнику. Предположим, что вода несжимаема, свойства воды постоянны во всей тепловой сети, трубопроводы сети имеют круглую форму и постоянное сечение на отрезках между узлами сети. Сумма потоков, поступающих в узел  $i$  должна быть равна сумме потоков, покидающих этот узел с учетом потока, потребленного узлом  $i$

$$\sum_{j=1}^{n_{in}} \dot{m}_{i,in} = \sum_{j=1}^{n_{out}} \dot{m}_{i,out} + \dot{m}_i, \quad (1)$$

где  $n_{in}$  – число трубопроводов, входящих в узел  $i$ ,  $n_{out}$  – число трубопроводов, выходящих из узла  $i$ .

Потери напора между узлами  $i$  и  $j$  определяются по формуле Дарси-Вейсбаха [1]

$$H_i - H_j = \lambda \frac{8l\dot{m}_{ij}}{gD^5 \rho^2 \pi^2}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления,  $l$  – длина трубопровода,  $\dot{m}_{ij}$  – массовый расход жидкости между узлами  $i$  и  $j$ ,  $g$  – ускорение свободного падения,  $D$  – диаметр трубопровода,  $\rho$  – плотность жидкости. Коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda$  зависит от числа Рейнольдса  $Re$ . Для ламинарного течения жидкости ( $Re < 2300$ )

$$\lambda = 64/Re.$$

При турбулентном течении жидкости ( $Re > 4000$ ) для определения  $\lambda$  можно воспользоваться формулой Колебрука

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right),$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент шероховатости трубопровода.

Тепловая мощность, потребляемая/генерируемая узлом  $i$  определяется из уравнения

$$W_{d,i} = c_p \dot{m}_{d,i} (T_{ds,i} - T_{de,i}), \quad (3)$$

где  $c_p$  – теплоемкость воды,  $\dot{m}_{d,i}$  – массовый расход теплоносителя через узел  $i$ ,  $T_{ds,i}$  – температура на входе в узел  $i$ ,  $T_{de,i}$  – температура на выходе из узла  $i$ .

Температуры на разных концах трубопровода между узлами  $i$  и  $j$  связаны соотношением

$$T_j = (T_i - T_a)^{\frac{\lambda_h}{c_p \dot{m}_{ij}}} + T_a, \quad (4)$$

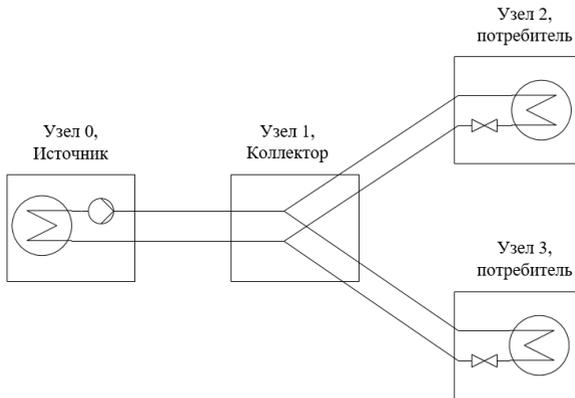
где  $T_a$  – температура внешней среды,  $\lambda_h$  – коэффициент теплопередачи трубопровода.

Температура теплоносителя на выходе из  $i$ -го коллектора рассчитывается с использованием уравнения

$$\left( \sum_{j=1}^{n_{out}} \dot{m}_{j,out} \right) T_{i,out} = \left( \sum_{j=1}^{n_{in}} \dot{m}_{j,in} T_{j,in} \right), \quad (5)$$

где  $T_{i,out}$  – температура внутри коллектора,  $T_{j,in}$  – температура потока на конце  $j$ -го входящего трубопровода.

Авторы для моделирования квартальной тепловой сети использовали библиотеку DNNx языка Python. Рассмотрим пример простой тепловой сети, схема которой показана на рис. 1.



**Рис. 1. Схема тепловой сети**

Схема тепловой сети на рис. 1 содержит четыре узла, связанных между собой трубопроводами. Узел 0 является источником тепла (центральный тепловой пункт), включающим насосную станцию. Узел 1 представляет собой коллектор. Узлы 2 и 3 являются потребителями тепла (индивидуальные тепловые пункты). Результаты моделирования тепловой сети показаны на рис. 2.

```

=====
pipes-mass_flow
-----
from_node producers-0 forks-0
to_node forks-0 consumers-0 consumers-1
0 0.68 0.34 0.34
1 0.80 0.40 0.40
2 0.60 0.30 0.30

=====
producers-pump_power
-----
0 3.920183
1 6.251736
2 2.736554
dtype: float64

=====
nodes-temp_inlet
-----
producers-0 forks-0 consumers-0 consumers-1
0 130.0 129.307354 129.086553 129.086553
1 130.0 129.410996 129.223126 129.223126
2 130.0 129.215304 128.965287 128.965287

=====
nodes-temp_return
-----
producers-0 forks-0 consumers-0 consumers-1
0 118.256180 118.884668 119.086553 119.086553
1 118.516020 119.051284 119.223126 119.223126
2 118.025722 118.736766 118.965287 118.965287
=====

```

**Рис. 2. Результаты моделирования**

На рис. 2 отображаются значения массовых расходов, мощности насосов для всех трубопроводов и температур воды на входе и выходе всех узлов тепловой сети.

Таким образом, в работе рассмотрена компьютерная модель квартальной тепловой сети, включающей источники, трубопроводы, коллекторы и потребителей тепла. Данную модель в дальнейшем планируется использовать при создании комплексной модели, включающей кроме модели тепловой сети модели теплоснабжения зданий. Приведен пример разработки модели простой тепловой сети с использованием библиотеки DNHx языка Python.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Larock B.E.* Hydraulics of pipeline systems / B.E. Larock, R.W. Jeppson, G.Z. Waters. CRC Press, 1999. 533 p.

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА

**Д.М. Кабаев**

Ярославский государственный технический университет

*Исследование посвящено методике автоматизированного построения математической модели стрелового грузоподъемного крана, позволяющая создать систему автоматизации моделирования крана. Автомобильный кран рассматривается как составной динамический механизм. Приводятся этапы и методы построения математической модели механической системы автомобильного крана при помощи автоматизированных систем (САПР).*

**Ключевые слова:** автомобильный кран, динамический механизм математическая модель, автоматизированное проектирование, динамическая система

## METHOD OF AUTOMATED CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL MODEL OF A VEHICLE CRANE

**D.M. Kabaev**

Yaroslavl State Technical University

*The study is devoted to the method of automated construction of a mathematical model of a jib crane, which makes it possible to create an automation system for crane modeling. An automobile crane is considered as a composite dynamic mechanism. The stages and methods for constructing a mathematical model of the mechanical system of an automobile crane using automated systems (CAD) are given.*

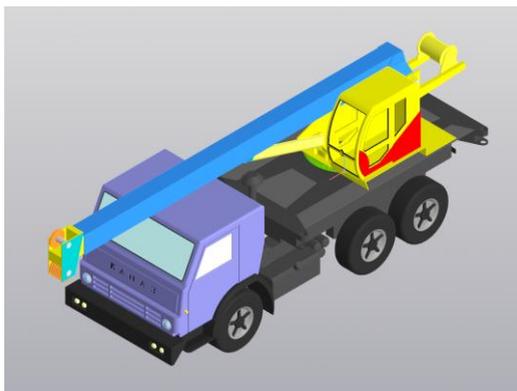
**Keywords:** truck crane, dynamic mechanism, mathematical model, computer-aided design, dynamic system

Автомобильные краны (АК) представляют собой универсальные средства механизации при приведении разного рода строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Поэтому ключевым аспектом для научных исследований является их модернизация и совершенствование. Системы автоматизированного проектирования (САПР) и моделирования направлены на увеличение значений основных параметров

АК: грузоподъемности; маневренности и устойчивости; производительности и точности выполнения работ; использование различных шасси; улучшение их технических характеристик [1, 2].

Одним из этапов проектирования АК на САПР является выполнение статических и динамических расчетов, необходимых для исследования рабочих процессов с учетом воздействия внутренних и внешних факторов – работа конструктивных элементов крана во время различных режимов эксплуатации. Проведения автоматизированных расчетов на ранних этапах проектирования АК позволяет существенно уменьшить затраты на экспериментальные работы не менее чем в 2 раза, а также сократить вероятность появления нежелательных дефектов и деформаций в его конструкции [2].

Автомобильный кран является самым распространенным из группы стреловых кранов, состоит из неповоротной части, которая включает элементы шасси и платформу и поворотной части, состоящей из стрелы и кабины водителя (рис. 1).

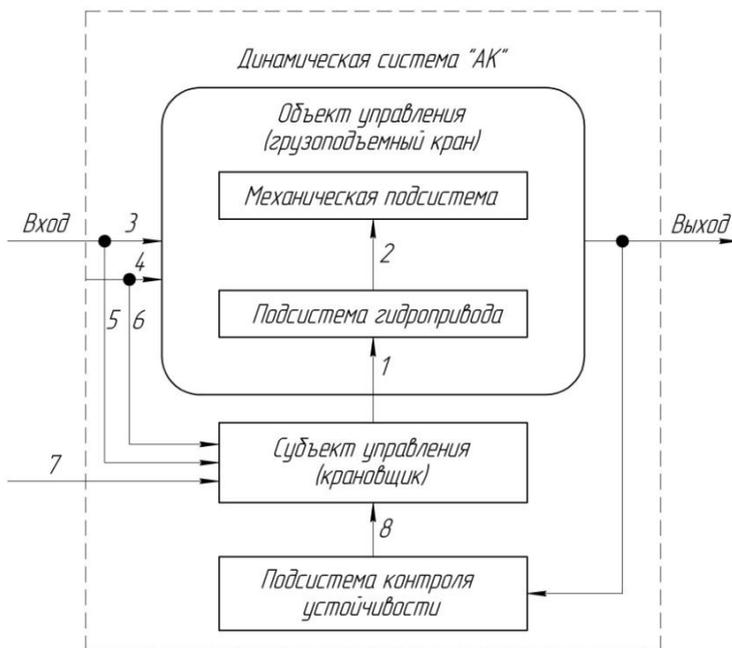


**Рис. 1. Модель автомобильного крана в САПР**

В данном исследовании автомобильный кран рассматривался как сложная составная динамическая система с рабочими механизмами и приводами, связями с учетом влияния внешних факторов среды, эксплуатационных режимов работы, адаптивных характеристик. Данный подход позволяет произвести оценку параметров автомобильного крана при составлении математической модели:

1. Тип структурных элементов и связей;
2. Эксплуатационные характеристики;
3. Динамика механических процессов.

Выполняя анализ рабочих процессов в АК, следует учитывать особенности работы подобных механизмов – колебательная система крана состоит из большого числа масс и упругих элементов, а алгоритм протекания процессов всегда имеет зависимость от исходного или начального условия работы [2, 3]. Динамическая система АК была разбита на конечные элементы, взаимосвязанные между собой: механические, гидропривод, контроль устойчивости (рис. 2).



**Рис. 2. Динамическая система автомобильного крана:**

1-2 – внутренние управляющие воздействия; 3 – внешние возмущающие воздействия; 4 – внутренние возмущающие воздействия; 5-6 – информация о контролируемых внешних и внутренних возмущениях; 7 – внешние управляющие воздействия; 8 – информация об отклонениях и о работе системы (обратная связь)

Состояние динамической системы АК изменяется во времени: она подвержена внешним возмущениям (ветровые нагрузки, воздействия со стороны микрорельефа и т.д.); внутренним возмущениям (поломка механизмов, обрыв стреловых и грузовых канатов и т.д.); внешним управ-

ляющим воздействиям (рабочие задания); внутренним управляющим воздействиям (управление механизмами крана). Для защиты крана от опрокидывания в качестве устройств обратной связи используются приборы безопасности. Современные устройства безопасности информируют крановщика о параметрах работы крана и производят автоматическое отключение механизмов в случае перегрузки [4].

Анализ динамической системы АК позволяет сформировать этапы построения математической модели с помощью САПР:

1. Разбивка системы на конечные элементы (подсистемы);
2. Построение модели механических элементов;
3. Построение модели элементов гидропривода;
4. Построение модели элементов контроля управления и безопасности.
5. Ввод основных (исходных) параметров моделирования;
6. Ввод начальных условий;
7. Композиция динамической системы;
8. Выполнение экспериментальных исследований.

Для построения математической модели механической системы в САПР в настоящем исследовании разработана следующая методика:

1. Расчетная схема АК соответствует следующим параметрам звеньев: общие координаты, координаты центров локальных систем, координаты центров масс звеньев, массы звеньев, моменты инерции звеньев, центробежные моменты инерции звеньев, конструктивные параметры звеньев, параметры упруго-вязких элементов [2, 4].

2. Взяв за основу исходные параметры звеньев, были построены уравнения Лагранжа второго рода с переменными коэффициентами для динамических процессов [1, 2]:

$$\frac{d}{dt} \frac{dT}{dq_i'} - \frac{dT}{dq_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где  $T$  - кинетическая энергия всей системы;

$q_i$  - обобщенные координаты звеньев системы;

$dq_i'$  - обобщенные скорости звеньев системы;

$Q_i$  - обобщенные силы, действующие на звенья системы;

Таким образом, метод расчета механической системы автомобильного крана с помощью систем автоматизированного проектирования позволяет в значительной степени упростить решение инженерных задач, связанных с усовершенствованием конструкции и эксплуатационных режимов работы, увеличением безопасности, предотвращением аварийных случаев.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кулешов В.С.* Динамика систем управления манипуляторами / В.С. Кулешов, Н.А. Лакота. М.: Энергия, 1971. 304 с.
2. *Щербаков В.С.* Система автоматизированного моделирования стрелового грузоподъемного крана: Монография / В.С. Щербаков, С.А. Зырянова, М.С. Корягов. Омск: СибАДИ, 2009. 106 с.
3. *Лобов Н.А.* Динамика грузоподъемных кранов. М.: Машиностроение, 1987. 160 с.
4. *Щербаков В.С.* Математическое описание механических систем в однородных координатах // Роботы и робототехнические системы: Сб. науч. тр. Иркутск: ИПИ, 1984. С. 82-88.

## **РОЛЬ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

**Т.А. Коликова, Ю.В. Васильков**

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются этапы проведения анализа рисками при управлении техническими системами.*

*Анализируются различные методы оценки риска, их достоинства и недостатки.*

***Ключевые слова:** анализ рисков, технические системы, качественные оценки, количественные оценки, экспертный метод, инженерный метод*

## **THE ROLE OF RISK ANALYSIS IN THE MANAGEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS**

**T.A. Kolikova, Yu.V. Vasilkov**

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the stages of risk analysis in the management of technical systems. Various methods of risk assessment, their advantages and disadvantages are analyzed.*

***Keywords:** risk analysis, technical systems, qualitative assessments, quantitative assessments, expert method, engineering method*

При управлении любой технической системой возникает ряд рисков, который может повлечь за собой ущерб разного характера. Это может быть, как материальный ущерб, так и ущерб здоровья человека. Из этого следует необходимость изучения условий возникновения рисков,

поэтому анализ их возникновения является важной задачей при управлении техническими системами.

Основная задача анализа риска – это обнаружение опасностей, которые могут приводить к ущербу. Процесс выявления опасностей включает в себя два этапа: обнаружение опасностей и их предварительная оценка.

Любой анализ риска начинается с планирования. На этом этапе необходимо: указать причины, которые вызвали необходимость проведения анализа; определить состав и структуру системы; указать исходные данные и ограничения; определить цели риск-анализа и критерии приемлемого риска.

Второй этап анализа риска – идентификация опасностей. Основная задача – это выявление всех имеющихся в системе опасностей на основе информации о работе объекта и результатов экспертизы. Это важный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе риски не подвергаются дальнейшему рассмотрению.

Третий этап – предварительная оценка рисков. С помощью этого этапа определяют величину риска. Установленные на данном этапе опасности должны быть оценены с целью выделения опасностей с неприемлемым уровнем риска. Существуют разные подходы к оценке составляющих риска (вероятность появления, тяжесть последствий), например, экспертный, математический и инженерный методы.

В экспертном методе вероятность исполнения события и последствия определяют эксперты, а в инженерном – на основе применения методов математической статистики. Математический подход на основе использования теоретического определения вероятности как предела отношения числа благоприятных исходов событий к общему числу событий, применим только тогда, когда есть возможность анализа достаточно большого количества событий в одинаковых условиях.

Существуют количественные и качественные методы анализа риска. Они имеют свои достоинства и недостатки. Качественные методы позволяют достигать основных целей риск-анализа при использовании незначительного объема информации, но количественные методы оценки риска в некоторых ситуациях единственно возможны. Так, например, при сравнении опасностей различной природы или при экспертизе особо опасных, сложных и дорогостоящих технических систем лучше использовать количественные методы, так как они дадут более точный результат. Количественные методы в отличие от качественных методов эффективны при сравнении сопоставимых опасностей системы в конкретном интервале времени.

Количественный анализ проводится на основе результатов измерения и прогнозирования последствий воздействия опасности. При проведении количественного анализа необходимо оценивать достаточность и достоверность исходных данных, адекватность и точность используемых моделей, обоснованность принимаемых допущений.

Методы анализа, основанные на качественном и количественном подходах и применяемые на различных стадиях эксплуатации технических систем, существенно зависят от целей анализа и от ожидаемого результата.

Последний этап анализа риска технологической системы - разработка рекомендаций по управлению уровнем риска. Данный этап применяется только в случае, если степень риска выше приемлемой. Однако для качественной работы системы необходимо управлять не только рисками, степень которых выше приемлемой, но и рисками, которые приближаются к этому уровню.

В качестве примеров опасных событий в технических системах можно привести следующие:

1. Непредвиденный отказ работы оборудования с потерей производительности или снижения качества продукции вследствие несоблюдения графика регламентных работ.
2. Непредвиденный отказ работы оборудования с потерей производительности или снижения качества продукции вследствие неправильного планирования работа.
3. Большое число заболеваний сотрудников из-за несоблюдения ковидных ограничений вследствие недостаточности разъяснений о важности прививок.
4. Непредвиденно низкое качества нового сырья при смене его поставщика и т.д.
5. Недостаточная компетентность руководителя участка при организации работы производственного оборудования.
6. Появление тяжелого несчастного случая на производстве при отсутствии контроля за исполнением работ подчиненными.

Подводя итоги, стоит отметить, что риск представляет собой неотъемлемую часть деятельности любой системы, поэтому необходимо правильно выявлять риски и правильно ими управлять.

Достоинства применения анализа рисков представляет собой бесконечный список, в который можно включить следующие пункты: снижение рисков (предотвращение рисков возможно только при отказе от анализируемого вида деятельности) ведет к снижению ущерба, а, следовательно, увеличивает производительность системы и уменьшает простой оборудования. Грамотный анализ рисков позволит избежать множе-

ство ремонтных работ, которые могли бы возникнуть из-за поломок, а также повысит качество производимой продукции.

Таким образом, результаты анализа риска имеют существенное значение для принятия решений при проектировании и эксплуатации технических систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильков Ю.В.* Анализ рисков не достижения целей при управлении организацией / Ю.В. Васильков, Л.С. Гущина // Вестник ВГУ. Сер. Экономика и управление. 2017. № 1. С. 5-12.
2. *Васильков Ю.В.* Методика учета рисков при планировании развития предприятия / Ю.В. Васильков, Л.С. Гущина // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2017. № 2. С. 105-112.
3. *Васильков Ю.В.* Рекомендации по составлению типовой методики для анализа рисков / Ю.В. Васильков, Л.С. Гущина // Методы менеджмента качества. 2017. № 2. С. 26-33.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ОБРЕЗИНЕННОГО ТЕКСТИЛЬНОГО КОРДА**

**Е.С. Кудряшова, Ю.В. Васильков**

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается модернизация процесса распознавания дефектов обрешиненного текстильного корда с использованием нейронной сети.*

*Производится анализ возможности и рациональности использования данного оборудования.*

**Ключевые слова:** нейронные сети, перцептрон, технические системы, распознавание образов, распознавание дефектов

## **USING NEURAL NETWORKS IN THE PROCESS OF DEFECT RECOGNITION RUBBERIZED TEXTILE CORD**

**E.S. Kudryashova, Yu.V. Vasilkov**

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the modernization of the process of recognizing rubberized textile cord defects using a neural network.*

*An analysis is made of the possibility and rationality of using this equipment.*

**Keywords:** neural networks, perceptron, technical systems, pattern recognition, defect recognition

В процессе обрешинивания текстильного корда задействовано несколько станций и сбой в работе любого узла может привести к образованию дефекта.

Основные виды дефектов:

- оголение,
- разряжение,
- кромка,
- недопрессовка,
- складка поперечная,
- залип по кромке,
- отклонение по толщине,
- переплетение,
- дефект Горелая,
- налипы пропиточного состава,
- рубка.

Наличие дефекта в текстильном корде ведёт к материальному ущербу завода. Хотя бракованные корда перерабатываются в товары народного потребления, это ведет к лишним затратам, т.к. стоимость таких товаров ниже стоимости автопокрышек. В итоге себестоимость автопокрышек возрастает. Также возможна поломка оборудования на этапе раскройки корда, так как лезвия очень чувствительны к механическим воздействиям.

Из этого следует необходимость распознавания дефектов до этапа раскройки корда.

Данная система на заводах реализуется без использования технических средств. Оператор должен вручную распознавать и размечать дефекты. Такой метод является не только не точным, но и отвлекает оператора от контроля поддержания и регулирования параметров технологического процесса.

Основная задача нейронной сети – это обнаружение и классификация дефектов. Процесс обнаружения дефектов включает в себя 2 этапа: обнаружение и классификация дефекта, подача сигналов на исполнительные механизмы, для отметки места дефекта на корде, и на органы регулирования соответствующих дефектов.

Модернизация системы автоматизации начинается с планирования. На этом этапе необходимо: определить состав и структуру технических средств автоматизации, определить возможные виды дефектов и причины их возникновения.

Причины возникновения основных дефектов:

1. Оголение

Причиной является неравномерная подача резиновой смеси, неудовлетворительная работа питателя каландра, использование жестких или холодных резиновых смесей.

2. Разряжение  
Причиной “Разряжения” является рваный уток, неудовлетворительная работа ширительно-центрирующей установки или свободная нить на корде.
3. Кромка  
Этот дефект возникает при использовании термообработанных кордов с рваной кромкой или с провисанием.
4. Недопрессовка  
“Недопрессовка” возникает при несоблюдении температурного режима на каландре, при низком натяжении полотна перед каландром, повышенной влажности корда, неправильного перекоса валков, сбросе давления при прохождении стыка.
5. Складка поперечная  
“Складки” образуются из-за перекоса полотна при неисправном компенсаторе, перекосе направляющего лотка, износе бобин, при использовании не перемотанной прокладки и небрежной заправке корда в рулон.
6. Залип по кромке  
“Залип по кромке” возникает из-за неудовлетворительной работы центрирующего устройства, использования не перемотанной прокладки или из-за плохого состояния прокладного полотна.
7. Отклонение по толщине  
“Отклонение по толщине” возникает из-за неравномерной скорости, частых остановов линии, нерегулярного питания каландра, перекоса валков каландра.
8. Переплетение  
“Переплетение возникает при неравномерном натяжении кордного полотна, перекоса валков, чрезмерной прессовки корда, завышенной фрикции валков каландра.
9. Горелая  
Дефект “Горелая” возникает при несоблюдении температурного режима на каландре, на вальцах, из-за низкого качества резиновой смеси.
10. Налипы пропиточного состава  
К “налипам пропиточного состава” приводит плохое перемешивание пропиточного состава, грязные ролики на линии термообработки, грязная проточная ванна.
11. Рубка  
“Рубка” возникает при провисании корда, нарушении синхронности скорости валков каландра. Плохая работа натяжного ролика.

Один из важнейших этапов – обучение нейронной сети. Основная задача – поиск такого набора весовых коэффициентов, при котором входной сигнал после прохода по сети преобразуется в необходимый выходной сигнал. На данном этапе важно задать не один входной сигнал, а провести обучающую выборку для способности сети обобщать признаки и решать задачу на различных входных данных.

Подводя итоги, стоит отметить, что возникновение дефектов представляет собой неотъемлемую часть деятельности любой системы, поэтому необходимо правильно и своевременно их выявлять и устранять.

Достоинства применения нейронной сети в данном процессе представляет собой бесконечный список, в который можно включить следующие пункты: увеличение точности ведет к снижению ущерба, а, следовательно, увеличивает производительность системы и исключает порчу оборудования, устранение отвлечения оператора от наблюдения за точностью соблюдения параметров технологического процесса.

Таким образом, использование нейронной сети в процессе распознавания дефектов имеет высокую рациональность применения и значительно улучшит качество готовой продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. *Kriesel D.* A Brief Introduction to Neural Networks. 2007. URL: <http://www.dkriesel.com>
5. *Касперович А.В.* Основные процессы шинного производства / А.В. Касперович, Ж.С. Шашок, С.Н. Каюшников. Минск: Белорусский гос. технол. ун-т, 2013. 115 с.

## ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ БРЕКЕРА ШИН

**О.А. Мартынова, Ю.В. Васильков**

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Представлены результаты анализа существующего управления процессом производством брекера для автомобильных шин с ориентацией на совершенствование качества автоматического управления.*

***Ключевые слова:** брекер, автоматизация производства брекера шин, модернизация установки*

## TASKS OF AUTOMATIC CONTROL OF TIRE BREAKER PRODUCTION

**O.A. Martynova, Yu.V. Vasilkov**

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The results of the analysis of the existing management of the production process of a tire breaker with a focus on improving the quality of automatic control are presented.*

***Keywords:** breaker, automation of tire breaker production, modernization of the installation*

**Брекер** – одна из важнейших частей шины, которая состоит из слоев корда и расположена между каркасом и протектором шины. Он служит для улучшения связей каркаса с протектором, предотвращает его отслоение под действием внешних и центробежных сил, амортизирует ударные нагрузки и повышает сопротивление каркаса механическим по-

вреждениям. Повышение качества этого элемента шины приведет к увеличению надежности и долговечности шины.

Актуальность данной темы состоит в возможности модернизации процесса производства пневматических шин с целью автоматизировать процесс, которые регулируются в ручном режиме.

В данной работе рассматриваются элементы автоматизации, а именно: разработка функциональной схемы автоматизации, которая отражает основные принципы технологического процесса; выбор средств автоматизации для реализации процесса и последующая модернизация частей установки.

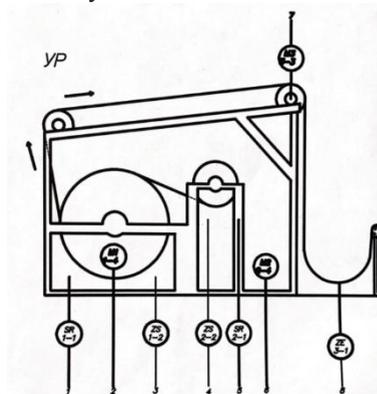


Рис. 1. Раскаточное устройство

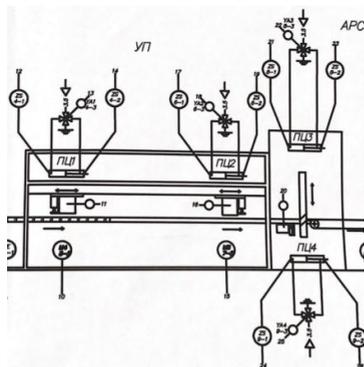


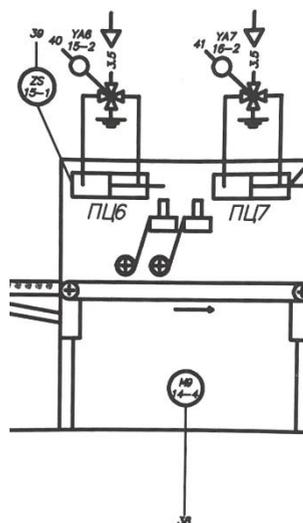
Рис. 2. Раскройно-стыковочный агрегат

Сырьем для производства брекера, изготавливаемого на рассматриваемой установке TWINS, является обрезиненное металлокордное полотно, поступающее на раскаточное устройство в рулонах. Раскаточное устройство (рис. 1) приводятся в движение электроприводом. В верхней части раскаточного устройства установлен ленточный конвейер с электроприводом, который регулирует буферную петлю. В буферной петле стоит оптический датчик барьерного типа, для того чтобы сигнализировать о заполнении буфера материалом.

С раскаточного устройства металлокордная полоса поступает на устройство подачи. Оно вытягивает материал с помощью магнитов на нужную величину, и подает к устройству реза. На раскройно-стыковочном агрегате (рис. 2) лента фиксируется к столу электромагнитом, чтобы во время реза материал не сместился. На данном этапе для повышения точности позиционирования полотна предложена установка датчиков положения металлокорда, с целью обеспечить лучшее прилипание к электромагнитам.

Гильотина опускается и поднимается от воздействия движения штока пневмоцилиндра. После края конвейер немного отходит от ножа, чтобы убедиться, что материал не прилип к ножу. В данном устройстве недостаточно надежно работает гильотина, так как возможно прилипание к ножу сырой резины, очистка которой снижает производительность. Для снижения влияния такого недостатка можно вставить движущуюся "шкурку" с прижимом к ножу после каждого отрезания на прямом и обратном ходе.

Далее после отреза полоса брекера по транспортерной ленте подается на устройство прикатки стыка (рис. 3). Для большего прижима ролика устройства прикатки есть дополнительный прижим, в виде пружины с определенным усилием. После прикатки ленту брекера проверяют на дефекты лазерными датчиками. Если проверка проходит, то брекер отправляется в компенсационную петлю. Для повышения контроля за прикаткой стыка предложено установить лазерный датчик, работающий по методу светового сечения. С помощью него можно следить за поверхностью брекера. В случае нарушения оптической полосы камера, установленная в датчике, реагирует и соответственно сигнализирующий некачественный стык.



**Рис. 3. Устройство прикатки стыка**

Между устройством прикатки стыка и устройством наложения резиновых ленточек также имеется компенсационная петля. Резиновые ленточки подаются с помощью аппликаторов. С помощью датчиков положения сигнализируется опущенное положение прижимов ленточек, а сами прижим опускаются при подаче воздуха пневмораспределителями, а возвращаются в исходное положение при снятии сигнала с пневмораспределителей. Для решения проблемы контроля прижима ленточек предложен дополнительный механизм проверки качества установки ленточек в автоматическом режиме.

Далее готовая брекерная лента поступает на устройство закатки. Конец намотки на бобины сигнализируется по мере расчета, который

основывается на временном интервале и измерении 250 м на невозвратном ролике. Наличие бобины на закаточном устройстве сигнализируется датчиками с сцепной муфты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая информация о шинах и камерах. URL: <https://kpsk.ru/pdf/rem-avto18-ob-info.pdf>
2. Оборудование для изготовления слоев каркаса и брекера. URL: <https://inni.info/produkt/oborudovaniye-dlya-izgotovleniya-sloyev/liniya-izgotovleniya-sloyev-metallokordnogo>

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЕДИНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ С ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ**

**П.С. Савенко, А.Е. Савенко**

Научный руководитель – **А.Е. Савенко**, канд. техн. наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет

*Рассматриваются особенности эксплуатации морских судов, имеющих единую электроэнергетическую систему с гребной электрической установкой. Приведены осциллограммы обменных колебаний мощности, полученные при исследовании такого судна. Особое внимание обращается на возникновение режимов обратной мощности. Предлагается установка блока устранения обменных колебаний мощности и аккумуляторных батарей, работающих в составе источников электроэнергии для всего электротехнического комплекса судна.*

***Ключевые слова:** дизель-генератор, параллельная работа, обменные колебания, автономная электростанция, электротехнический комплекс*

## **AUTOMATION OF UNIFIED ELECTRIC POWER SYSTEMS OF MODERN SHIPS WITH WITH ELECTRICAL PROPULSION SYSTEMS**

**P.S. Savenko, A.E. Savenko**

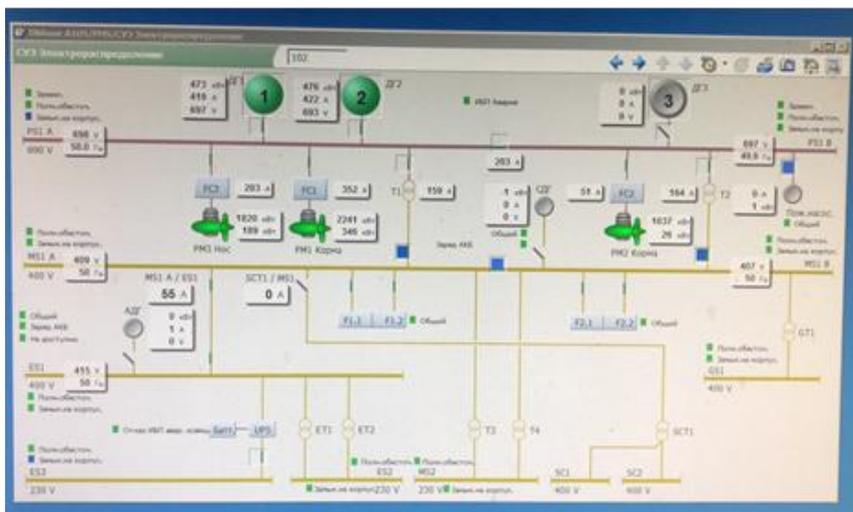
Scientific Supervisor – **A.E. Savenko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Maritime Technological University

*The features of the operation of sea vessels with unified electric power system with a propulsion electrical installation are considered. Oscillograms of power exchange oscillations obtained during the study of such vessel are presented. Particular attention is paid to the occurrence of reverse power modes. It is proposed to install a block for eliminating power exchange oscillations and batteries operating as part of the sources of electricity for the entire electrical power system of the ship.*

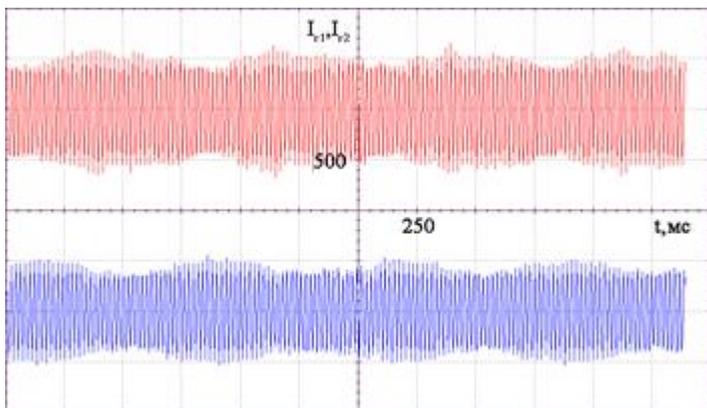
***Keywords:** diesel generator, parallel operation, power exchange oscillations, autonomous power station, electrical power system*

Значительная часть судов оснащена едиными электроэнергетическими системами [1]. Суть такой организации работы электротехнического комплекса состоит в параллельной работе нескольких дизель-генераторных агрегатов, вырабатывающих электроэнергию, и ее потребителей различной мощности (рис. 1). К наиболее мощным потребителям относятся гребные электрические установки и крановые грузоподъемные устройства. Для обеспечения безопасной и эффективной работы всего судна необходимо поддержание высокого качества электроэнергии. Однако, при параллельной работе генераторов могут возникать обменные колебания мощности[2]. Во время работы электроприводов кранов при спуске грузов в сеть отдается мощность, способная вызвать переход работающих генераторов в режим обратной мощности. Достижение обменными колебаниями мощности и обратной мощностью критических значений может привести к обесточиванию судна, а значит, создает угрозу его безопасности.



**Рис. 1. Схема единой электроэнергетической системы ледокола «Балтика» на экране системы управления**

Обменные колебания мощности (рис. 2), возникающие при параллельной работе дизель-генераторных агрегатов, можно уменьшить или устранить путем ввода в состав судовой электростанции блока, который адаптивно изменяет настройки регуляторов частоты вращения дизелей– коэффициент усиления и уставку по частоте вращения [3, 4].



**Рис. 2. Осциллограмма обменных колебаний мощности при работе двух генераторов пара «Ейск»**

Для рассеивания выделяемой электроэнергии и недопущению перехода дизель-генераторов в режим обратной мощности возможна установка ТЭНов, однако при больших мощностях такой способ становится неприемлем из-за габаритов установки. В некоторых случаях экипаж использует имеющееся мощное оборудование. Так, например, при работе мощных кранов при стоянке судна и наличии гребных винторулевых колонок типа азипод, можно развернуть их встречно и запустить. Этот способ опробован на самом большом судне в мире трубоукладчике «Pioneering Spirit» (рис. 3).



**Рис. 3. Кабелеукладчик «Pioneering Spirit»**

Мощность винторулевых колонок значительная, а встречное положение при развороте не приводит к движению судна. Намного целесообразнее установка литий-титанатных аккумуляторных батарей, которые заряжаются при спуске груза, и питают электроприводы крана через инвертора при его подъеме. Для повышения надежности используются инвертора, имеющие шесть параллельно соединенных звеньев. При поломке одного или нескольких плеч, оставшиеся звенья путем перепрограммирования обеспечивают работу установки с пропорциональной потерей мощности.

При установке на судне аккумуляторных батарей с инверторами их можно использовать в дополнение к работающему дизель-генератору [5]. Таким образом исключаются условия, приводящие к возникновению обменных колебаний мощности, так как отсутствует параллельная работа. Кроме того, в условиях ужесточения экологических требований, ряд стран запрещают работу дизельных двигателей при стоянке и заходе в порты. Для обеспечения выполнения таких требований единственно возможным вариантом является использование судов с единой электроэнергетической системой, имеющей в своем составе гребную электрическую установку с возможностью ее работы от аккумуляторных батарей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ship unified electric-power systems / A.P. Sen'kov, B.F. Dmitriev, A.N. Kalmykov, L.N. Tokarev // *Russian Electrical Engineering*. 2017. Т. 88, № 5. С. 253–258.
2. 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.
3. Савенко А.Е. Построение карт зависимости амплитуды обменных колебаний мощности от параметров регуляторов частоты дизель-генераторов / А.Е. Савенко, С.Е. Савенко // *Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 22 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Издательство ЯГТУ, 2020. С. 188-191.*
4. Савенко А.Е. Обменные колебания мощности в судовых электротехнических комплексах / А.Е. Савенко, А.Н. Голубев // *Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина. Иваново, 2016. 172 с.*
5. Савенко А.Е. Использование угла нагрузки синхронных генераторов для устранения обменных колебаний мощности в автономных электротехнических комплексах / А.Е. Савенко, П.С. Савенко // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2021. Т. 23, № 1. С. 197-207.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНОГО ПРОФИЛЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Н.А. Смирнов, О.Ю. Марьясин**

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрено решение задачи определения оптимального профиля энергопотребления здания предприятия, которое позволяет добиться снижения энергозатрат за счет учета цен на электроэнергию, максимального сокращения потребления электроэнергии в часы пиковой нагрузки и оптимального планирования работы инженерных систем в здании.*

**Ключевые слова:** оптимальное планирование энергопотребления, оптимальный профиль энергопотребления, генетический алгоритм, Python

## **OPTIMIZATION OF THE DAILY ENERGY CONSUMPTION PROFILE OF THE ENTERPRISE'S BUILDING**

**N.A. Smirnov, O.Yu. Maryasin**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article describes the solution to the problem of determining the optimal energy consumption profile of an enterprise building, which allows to achieve a reduction in energy costs by taking into account electricity prices, the maximum reduction in electricity consumption during peak load hours and optimal planning of the engineering systems in the building.*

**Keywords:** optimal energy planning, optimal energy profile, genetic algorithm, fire simulation, Python

Многие энергопотребители, такие как производственные предприятия, предприятия торговли и сферы услуг, размещаются в зданиях. В таких случаях общие затраты на оплату энергоресурсов складываются из расходов за энергоснабжение отдельных зданий, принадлежащих предприятию. Энергоресурсы могут использоваться в зданиях для целей, связанных с бизнесом предприятия, а также для отопления и охлаждения,

вентиляции, освещения, горячего и холодного водоснабжения и бытовых приборов. Доля затрат на непроизводственные нужды может быть весьма значительная и составлять весомую часть в общей стоимости энергоресурсов здания предприятия.

Рассматриваемое в работе производственное предприятие располагается в одноэтажном здании площадью 460 м<sup>2</sup>, разделенном на 5 зон. В одной из зон находится производственное оборудование. Максимальная мощность, потребляемая производственным оборудованием, составляет 105,6 кВт. Рабочий день на предприятии начинается в 9 часов и заканчивается в 18 часов. Инженерная система здания включает систему электроснабжения, систему освещения и систему отопления, вентиляции и кондиционирования (Heating, Ventilation, & Air Conditioning – HVAC) во всех зонах здания. Требуемая температура воздуха в помещениях здания поддерживается с помощью термостата.

В данной работе будет рассмотрено несколько вариантов решения задачи определения оптимального суточного профиля энергопотребления предприятия в зависимости от того какие меры принимались для снижения затрат на электроэнергию и обеспечения энергоснабжения предприятия. Вариант 1 предусматривает полную остановку работы технологического оборудования в час пиковой нагрузки с 10 до 11 часов. При этом потребление электроэнергии для нужд освещения и работу HVAC оборудования не прекращается. В варианте 1 для компенсации простоя технологического оборудования продолжительность рабочего дня увеличивается на 3 часа (с 8 до 20 часов). Вариант 2 предполагает использование в качестве дополнительного источника электроэнергии солнечных панелей общей мощностью 20 кВт, расположенных на крыше здания. Возможность работы производственного оборудования в режиме низкой загрузки с 10 до 11 часов позволяет продлить рабочий день только на 2 часа (с 8 до 19 часов). Вариант 3 отличается от варианта 2 тем, что электрическая энергия, полученная от солнечных панелей, аккумулируется с помощью сетевого накопителя энергии мощностью 50 кВт. Это позволяет обеспечить нагрузку технологического оборудования с 10 до 11 часов на уровне более 60% от максимальной. Продолжительность рабочего дня для варианта 3 увеличивается только на один час (с 9 до 19 часов). В варианте 4 для обеспечения электроснабжения производственного оборудования с 10 до 11 часов применяется дизельный генератор мощностью 180 кВт. В этом варианте нагрузка на технологическое оборудование не снижается и продолжительность рабочего дня не увеличивается.

Пусть  $e_i$  – коэффициент профиля потребления электроэнергии технологическим оборудованием предприятия в час  $i$ ,  $i = 1, \dots, h$ ,  $h$  – продолжительность рабочего дня  $h = h(n)$ ,  $n$  – номер варианта,  $n = 1, \dots, 3$  (для варианта 4 оптимизация не проводилась),  $l_i$  – коэффициент профиля потребления электроэнергии на освещение здания в час  $i$ ,  $t_{sij}$  – значение ус-

тавки по температуре HVAC системы для зоны  $j = 1, \dots, 5$ , в час  $i$ ,  $c_i$  – рыночная цена на электроэнергию в час  $i$ . Количество электроэнергии, затраченной на производственные нужды можно представить как функцию  $M_i = e_i M_{max}$ , где  $M_{max}$  – максимальный уровень потребления электроэнергии. Количество электроэнергии, затраченной на освещение здания в течение рабочего дня, можно представить как функцию  $L_i = L_i(l_i, e_i)$ . Количество электроэнергии, затраченной на работу HVAC системы здания в течение рабочего дня, можно представить как функцию  $Q_i = Q_i(t_{si}, e_i, l_i)$ . Общее потребление электроэнергии предприятием в час  $i$  будет равно  $E_i = M_i + M_{li} + L_i + Q_i$ , где  $M_{li} = M_{li}(n)$  – дополнительная электроэнергия для варианта  $n$ , получаемая из локальных источников.

Тогда критерий оптимальности для задачи минимизации затрат на электроэнергию в течение рабочего дня будет иметь вид

$$f(x) = \sum_{i=1}^h c_i E_i. \quad (1)$$

Обозначим  $M_d$  потребление энергии технологическим оборудованием в обычном режиме работы предприятия, необходимое для выполнения производственных функций. Тогда будет справедливо условие

$$\sum_{i=1}^h (M_i + M_{li}) = M_d. \quad (2)$$

Введем ограничения для почасового энергопотребления

$$E_{il} \leq E_i \leq E_{iu}, \quad i = 1, \dots, 24, \quad i \neq h_{pp}, \quad (3)$$

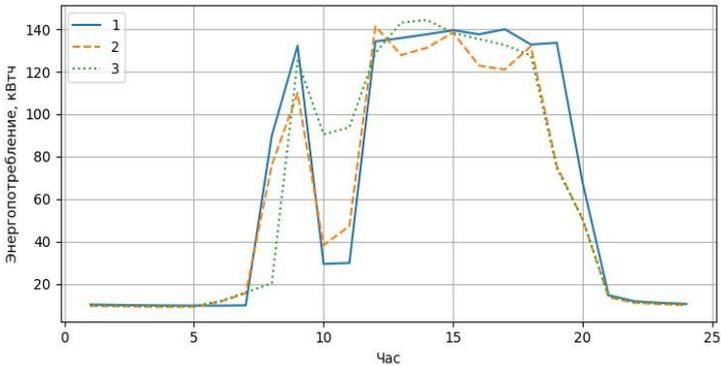
$$t_{ijl} \leq t_{ij} \leq t_{iju}, \quad i = 1, \dots, 24, \quad j = 1, \dots, 5, \quad (4)$$

где  $E_{il}$ ,  $E_{iu}$  – нижние и верхние пределы для  $E_i$ ,  $t_{ij}$  – значение температуры в помещении зоны  $j$ , в час  $i$ ,  $t_{ijl}$ ,  $t_{iju}$  – нижние и верхние пределы изменения температуры в помещении зоны  $j$ , в час  $i$ ,  $h_{pp}$  – час начала интервала пиковой нагрузки. В течение интервала пиковой нагрузки необходимо снизить энергопотребление до минимально возможного значения  $E_{pph}$

$$E_i = E_{pph}, \quad i = h_{pp}. \quad (5)$$

Таким образом, ставится задача определения профиля потребления электрической энергии технологическим оборудованием предприятия  $e_i$ ,  $i = 1, \dots, h$ , минимизирующего критерий (1), при выполнении условий (2)–(5).

Для решения задачи определения оптимального профиля энергопотребления использовался генетический алгоритм (ГА) [1], реализованный с помощью разработанной автором программы на языке Python. Полученные в результате работы ГА графики совокупного потребления электроэнергии зданием предприятия на 24 июля 2020 года для вариантов  $n = 1, \dots, 3$  показаны на рис. 1.



**Рис. 1. Совокупное потребление электроэнергии предприятием для вариантов  $n = 1, \dots, 3$**

Анализ полученных результатов показывает, что наибольший эффект, в плане общей экономии можно получить, если максимально сократить потребление электроэнергии в часы пиковой нагрузки, увеличить продолжительности рабочего дня на 1 час и использовать в качестве дополнительных источников энергии солнечные панели в комплекте с сетевыми накопителями. Наименее экономным оказался вариант 1, в котором максимальное сокращение потребления электроэнергии в часы пиковой нагрузки компенсируется только за счет увеличения продолжительности рабочего дня.

Таким образом, решение задачи определения оптимального профиля энергопотребления здания предприятия позволяет добиться снижения энергозатрат за счет учета цен на электроэнергию, максимального сокращения потребления электроэнергии в часы пиковой нагрузки и оптимального планирования работы инженерных систем в здании. Для компенсации сокращения энергопотребления в часы пиковой нагрузки рассмотрены различные варианты организации работы и энергоснабжения предприятия, включающие изменение продолжительности рабочего дня, использование в качестве локального источника энергии солнечных панелей без накопителей и с накопителями энергии, а также дизельного генератора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ilbeigi M.* Prediction and optimization of energy consumption in an office building using artificial neural network and a genetic algorithm / M. Ilbeigi, M. Ghomeishi, A. Dehghanbanadaki // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 61. P. 1–15.

## АНАЛИЗ ПРОФИЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯГТУ

**Л.И. Тихомиров, О.Ю. Марьясин**

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрен метод позволяющий построить типовой суточный профиль энергопотребления для различных потребителей электроэнергии. Полученные типовые профили могут использоваться для сравнения энергопотребителей, для обнаружения аномалий в энергопотреблении, прогнозирования и оптимизации энергопотребления.*

***Ключевые слова:** энергопотребление, профиль энергопотребления, среднее значение, сравнение энергопотребителей*

## ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION PROFILES OF YSTU OBJECTS

**L.I. Tikhomirov, O.Yu. Maryasin**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

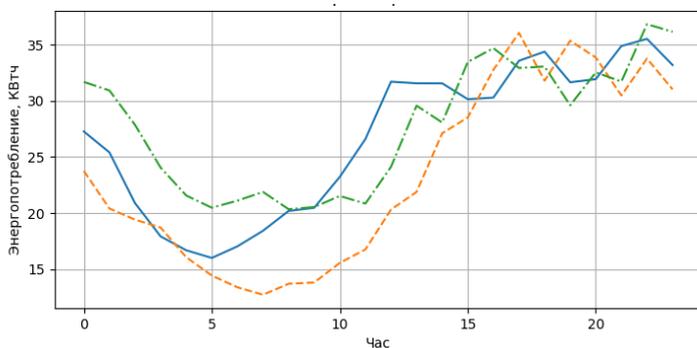
*The article considers a method that allows you to build a typical daily profile of energy consumption for various consumers of electricity. The resulting typical profiles can be used to compare energy consumers, to detect anomalies in energy consumption, to forecast and optimize energy consumption.*

***Keywords:** energy consumption, energy consumption profile, average value, comparison of energy consumers*

Анализ суточных профилей энергопотребления (СПЭ) потребителей электроэнергии является начальным этапом при решении задач прогнозирования, выявления аномалий и оптимизации энергопотребления. Построение так называемого типового суточного профиля энергопотребления (ТСПЭ) дает важную информацию для выявления общих или спе-

цифических характеристик функционирования энергетических объектов. Данная информация может быть использована как самим энергопотребителем для оптимизации затрат на энергопотребление, так и энергопоставляющей компанией для оптимизации своих производственных мощностей и повышения качества услуг по энергоснабжению. ТСПЭ является важной частью цифрового двойника энергопотребителя.

К сожалению, в настоящее время, нет какой-либо общепринятой методики для построения ТСПЭ. Это связано с тем, что на энергопотребление оказывает влияние множество факторов, часть из которых имеет случайный характер. Поэтому даже для одного энергопотребителя СПЭ в разные дни может существенно отличаться. Например, на рис. 1 показаны графики суточного энергопотребления здания общежития № 1 ЯГТУ на 01.11.2020 (пунктирная линия), 11.11.2020 (сплошная линия) и 21.11.2020 (штрихпунктирная линия).

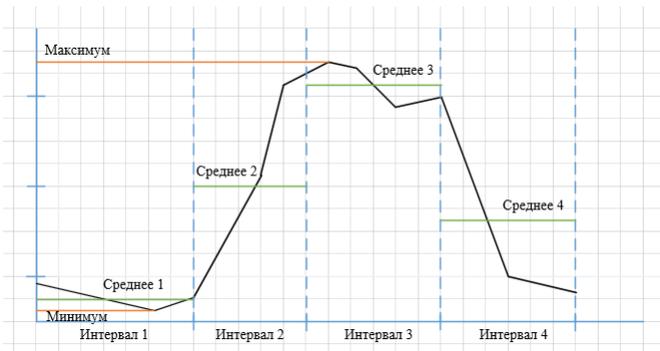


**Рис. 1. Энергопотребление здания общежития № 1 на 01.11.2020, 11.11.2020 и 21.11.2020**

Из рис. 1 видно, что энергопотребление в одни и те же часы, но в разные дни может значительно отличаться. Вместе с тем, можно заметить, что графики суточного энергопотребления, в целом, имеют похожий вид. Следовательно, временные ряды почасовых значений суточного энергопотребления имеют схожий, повторяющийся характер. Кроме того, СПЭ еще имеют сезонный характер, т.е. они будут отличаться для разных месяцев года. Поэтому для каждого месяца необходимо определить свой ТСПЭ.

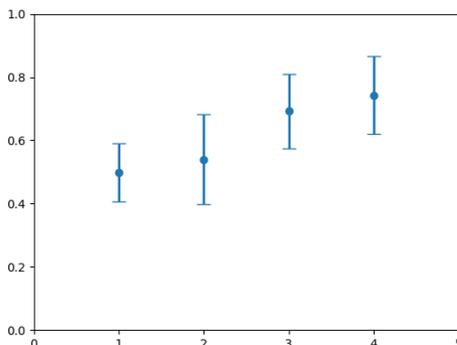
В данной работе для построения ТСПЭ будет использован метод, основанный на идеях, представленных в работе [1]. В соответствии с данным методом календарные сутки разбиваются на определенное число временных интервалов. Количество и ширина интервалов должны быть связаны с графиком работы энергопотребителя. В нашем случае возьмем

четыре интервала: 00:00–07:00, 07:00–12:00, 12:00–18:00, 18:00–24:00 (рис. 2). Для каждого интервала определим среднее значение и среднеквадратическое отклонение энергопотребления. Кроме того, для каждого суток определим минимальное и максимальное значение энергопотребления.



**Рис. 2. Разбиение на интервалы и определение средних значений**

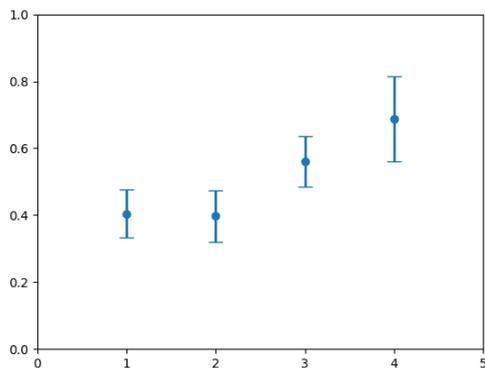
Далее рассчитаем среднее значение и среднеквадратическое отклонение для каждого интервала за весь месяц и найдем месячные минимальное и максимальное значение энергопотребления. В итоге получится всего 10 параметров на один месяц. Данные параметры и будут использоваться для задания ТСПЭ. Это намного меньше чем 720 (или 744 в зависимости от месяца) значений энергопотребления, что позволяет значительно сократить объем данных необходимых для хранения ТСПЭ. На рис. 3 показана диаграмма, представляющая ТСПЭ для общежития № 1 ЯГТУ за ноябрь 2020 года.



**Рис. 3. Диаграмма ТСПЭ для общежития № 1 ЯГТУ за ноябрь 2020 года**

На рис. 3 точкам обозначены относительные значения (относительно максимального значения) среднемесячного энергопотребления для соответствующего интервала, а отрезками – относительные значения (относительно размаха) среднеквадратического отклонения для того же интервала за весь месяц. Представленная диаграмма позволяет оценить не только величину энергопотребления, но и величину разброса значений энергопотребления для определенного интервала.

На основании построенных ТСПЭ можно производить сравнение энергопотребления различных объектов. Например, сравним ТСПЭ для общежитий № 1 и № 3 ЯГТУ. На рис. 4 показана диаграмма, представляющая ТСПЭ для общежития № 3 за ноябрь 2020 года.



**Рис. 4. Диаграмма ТСПЭ для общежития № 1 ЯГТУ за ноябрь 2020 года**

Анализируя рис. 3 и 4, можно отметить, что ТСПЭ для общежитий № 1 и № 3 ЯГТУ за ноябрь 2020 года имеют похожий вид. Это показывает, что в плане энергопотребления общежития ЯГТУ представляют собой довольно схожие энергообъекты.

Таким образом, в работе описан метод, позволяющий построить ТСПЭ для различных потребителей электроэнергии. Полученные ТСПЭ могут использоваться для сравнения энергопотребителей, для обнаружения аномалий в энергопотреблении, прогнозировании и оптимизации энергопотребления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A data mining-based framework for the identification of daily electricity usage patterns and anomaly detection in building electricity consumption data / X. Liu, Y. Ding, H. Tang, F. Xiao // Energy and Buildings. 2020. Vol. 231. P. 1-22.

# СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ТРАНСПОРТ»

УДК 622.245.422

## ВОЗМОЖНОСТЬ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ В БЕТОНЫ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ

**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 исследованию влияния добавки на основе гидратированной цементной суспензии и суперпластификатора, полученной при гидродинамической активации, на водопотребность, тепловыделение цементного теста и механические характеристики цементного камня.*

***Ключевые слова:** гидродинамическая активация, кинетика тепловыделения, нормальная густота, цементное тесто, ускоритель твердения, роторно-пульсационные аппараты*

## POSOBILITY OF A COMPLEX ADDITIVE SYNTHESIS FOR CONCRETE MIX IN A ROTARY PULSATION APPARATUS

**E.S. Egorov, S.V. Samchenko**

Scientific Supervisor – **S.V. Samchenko**, Doctor of Technical  
Sciences, Professor

Moscow State University of Civil Engineering

*The article is devoted to the study of the effect of an additive based on a hydrated cement suspension and a superplasticizer obtained by hydrodynamic activation on the water demand, heat of hydration and mechanical characteristics of cement paste.*

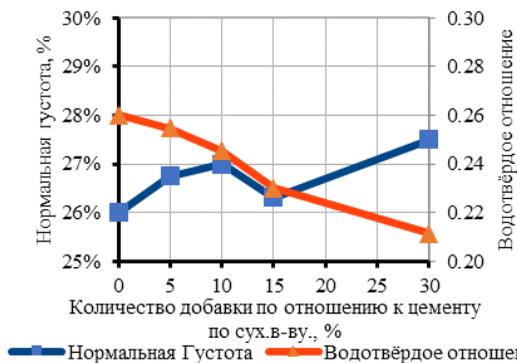
***Keywords:** hydrodynamic activation, heat of hydration, normal consistency, cement dough, hardening accelerator, rotary pulsating apparatuses*

Роторно-пульсационный аппарат (РПА) представляет собой агрегат, выполняющий роль нескольких устройств: гомогенизатора, диспергатора, кавитатора и аэратора. На компоненты смеси, проходящей через рабочие органы РПА, оказывается комплекс воздействий. К таким воздействиям относятся, например, механическое воздействие, связанное с воздействием непосредственно рабочих органов на прокачиваемое вещество (удар, срез и истирание); гидродинамическое воздействие, возникающее от развитой турбулентности пульсаций давления и скорости потока вещества; гидроакустическое воздействие от пульсации давления, возникновения и схлопывания пузырьков воздуха (кавитации) и ударных волн и др. [1].

Обработанное в РПА вещество будет обладать повышенной седиментационной устойчивостью, дисперсностью, однородностью, а также будет содержать большое количество микропузырьков воздуха по сравнению с исходным веществом [1]. Дополнительным эффектом является интенсификация протекающих в обрабатываемом веществе химических реакций. Добавление поверхностно-активных веществ при обработке позволит усилить диспергацию, а также повысит эффективность вводимой ПАВ за счёт её равномерного распределения по поверхности обрабатываемого вещества. Таким образом, появляется возможность синтеза комплексной добавки в бетоны, позволяющей получить качественно новый продукт. Цементная суспензия по своей сути является наилучшим кандидатом для основы разрабатываемой добавки.

Исследование производилось на РПА-0,33-5-0,75-У3 (0,33 – номинальная производительность на воде в м<sup>3</sup>/ч, 5 – одинарное торцевое уплотнение, 0,75 – мощность двигателя в кВт, У3 – климатическое исполнение по ГОСТ 15150). В качестве обрабатываемого вещества использовалась цементная суспензия, гидратированная в течение 6 часов при водоцементном отношении (В/Ц) равном 0,7. Использовался гидратированный цемент по причине повышения экологичности промышленности готовых бетонных смесей, за счёт возврата в цикл производства бетона цементных смывок в виде активированной посредством гидродинамического воздействия в РПА цементной суспензии. Добавка синтезировалась в РПА в течение 3 минут в присутствии суперпластификатора DKG-604, именуется ПГД6 (А) и после смешения с водой использовалась при затворении свежего цемента. Количество вводимой добавки составляло до 30% от количества свежего цемента. Полученное тесто испытывали на нормальную плотность, тепловыделение, а затвердевший на его основе камень (образцы-кубы с ребром 20 мм) испытывался на сжатие через 3 и 28 суток. Для получения добавки и цементного теста использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5Н.

Согласно исследованиям нормальной густоты (рис. 1), установлено, что введение добавки приводит к увеличению показателя. Увеличение нормальной густоты характерно для минеральных добавок, которой по своей природе является синтезированное вещество.



**Рис. 1. Исследование технологических свойств цементного теста на основе активированной добавки**

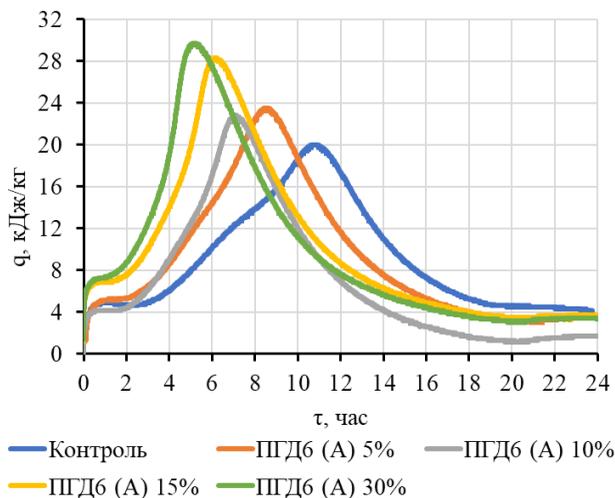
Однако, с другой стороны, эта добавка является цементом, и в таком случае оценивание водотвёрдого показателя теста нормальной густоты окажется более приемлемым для обсуждения. Это связано с тем, что цементные частицы в добавке, как и свежий цемент могут образовывать пластичное тесто. Согласно графику водотвёрдого отношения водопотребность смеси снижается. Снижение водопотребности положительно сказывается на прочностных показателях цементного камня [2].

Полученное тесто нормальной густоты исследовалось на тепловыделение по методике ГОСТ 24316-80 на простом калориметре (рис. 2). Выявлена интенсификация тепловыделения от введения синтезированной добавки, при этом с увеличением количества добавки эффект усиливался. Эта интенсификация, ввиду экзотермического характера реакций минералов цемента, является отражением ускорения протекающих реакций и, следовательно, ускорения твердения.

Согласно исследованиям механических характеристик образцов цементного камня (табл. 1) выявлено значительное увеличение начальной прочности. При этом прочность на 3 суток составляла до 75% от прочности на 28 суток. Это свидетельствует о том, что добавка позволяет получить быстротвердеющий цемент.

Таким образом, использование РПА позволяет получить комплексную минеральную добавку на основе отходов бетонной промышленности и суперпластификатора, оказывающую пластифицирующее и интенсифицирующее гидратацию действие. Такая добавка будет востре-

бована при получении как сборного бетона и железобетона, так и монолитного за счёт сокращения технологических перерывов и энергозатрат, связанных с набором прочности.



**Рис. 2. Исследование тепловыделения цементного теста на основе активированной добавки**

**Таблица 1. Механические характеристики цементного камня**

Состав	Прочность на сжатие, МПа	
	3 сут.	28 сут.
Контроль	35.3 (100%)	71.9 (100%)
ПГД6 (А) 5%	38.5 (109%)	70.2 (98%)
ПГД6 (А) 10%	50.4 (143%)	78.6 (109%)
ПГД6 (А) 15%	58.1 (164%)	83.0 (116%)
ПГД6 (А) 30%	63.7 (180%)	84.1 (117%)

Примечание: в скобках приведено отношение прочности образца к контрольному в процентах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика: монография / М.А. Промтов. М.: Машиностроение-1, 2001. 260 с.
2. Изотов В.С. Химические добавки для модификации бетона: монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. М.: «Палеотип», 2006. 244 с.

## ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОНАПРЯЖЕННОГО АППАРАТА УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

**А.Б. Османов<sup>1,2</sup>, С.В. Самченко<sup>1</sup>, М.А. Абрамов<sup>2</sup>**

Научный руководитель – **С.В. Самченко**, д-р техн. наук,  
профессор

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет

<sup>2</sup>Ярославский государственный технический университет

*В работе рассмотрена измельчение и активация цемента с использованием дезинтеграторной установки. Методами электронной микроскопии исследовано изменение крупности частиц цемента при разных энергиях ударного воздействия на материал. Показано, что подведенная энергия активации расходуется на переход частиц цемента в квазиаморфное метастабильное состояние.*

**Ключевые слова:** Активация цемента, дезинтегратор, цементный клинкер, число контактов, степень полидисперсности

## INCREASING THE ACTIVITY OF CEMENT WITH THE USE OF AN ENERGIZED IMPACT APPARATUS

**A.B. Osmanov<sup>1,2</sup>, S.V. Samchenko<sup>1</sup>, M.A. Abramov<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor - **S.V. Samchenko**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

<sup>1</sup>Moscow State University of Civil Engineering, National Research University

<sup>2</sup>Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the grinding and activation of cement using a disintegrator unit. Electron microscopy methods have been used to study the change in the size of cement particles at different impact energies on the material. It is shown that the supplied activation energy is spent on the transition of cement particles to a quasi-amorphous metastable state.*

**Keywords:** Cement activation, disintegrator, cement clinker, number of contacts, degree of polydispersity

Цемент является самым известным искусственным неорганическим строительным материалом. Применение вяжущих материалов берет начало с древних цивилизаций. Улучшение прочностных характеристик и технологий получения современных видов цемента развивалось и нарастало в течение веков [1].

Одним из вариантов воздействия на изменение прочностных характеристик цемента является предварительная подготовка вещества – активация цемента. Она позволяет получить более тонкодисперсные частицы вяжущего материала, а также внести физические дефекты в решетки и подрешетки минералов [2].

На сегодняшний день, наиболее распространенными вариантами активации вещества являются: жидкофазная активация цементной суспензии [3,4], ультразвуковая обработка [5], активация вяжущего материала с использованием специальных энергонапряженных аппаратов [6-7].

Дезинтеграторная установка – вид энергонапряженного аппарата ударного действия, в которой активация материала происходит в результате высокоскоростного и высокоинтенсивного удара [8]. Данный аппарат позволяет варьировать удельную энергию активированного материала, а также измельчать материалы широкого диапазона твердости [9].

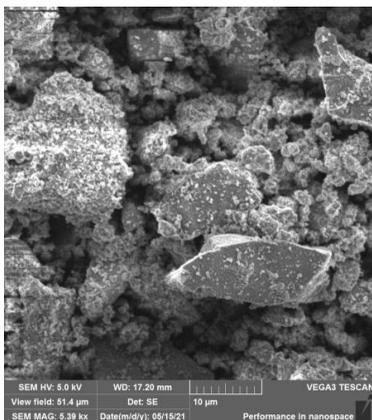
При проведении работ по исследованию физических закономерностей измельчения цементного вяжущего в дезинтеграторной установке использовался цемент М500 Д0 (СЕМ I 42, Н), ОАО «Подольск-Цемент». Химический состав клинкера из которого изготовлен цемент представлен в таблице 1.

**Таблица 1. Химический состав клинкера**

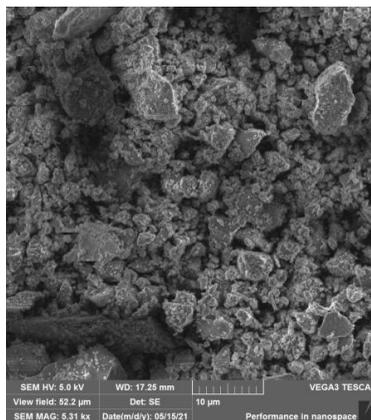
Компоненты	ППП	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O
Клинкер	0,92	62,75	20,10	4,56	8,72	1,99	0,57	1,58

Активация цементного клинкера проводилась на дезинтеграторной установке ДСЛ-94 путем загрузки в приемный бункер исследуемого цемента. Активация цемента проводилась со следующей затраченной энергией: 17 кДж/кг, 34 кДж/кг и 51 кДж/кг. После активации цемента отбирались пробы, которые исследовались на электронном сканирующем микроскопе Tescan VEGA 3 SBH с последующей математической обработкой результатов.

Микроскопические исследования, а также проведенная их математическая обработка, отчетливо показали изменения как размеров, так и форм частиц цемента (рис. 1).



Электронная микроскопия ЦЕМ I  
контрольный



Электронная микроскопия ЦЕМ I  
с энергией активации 17 кДж/кг

**Рис. 1.** Электронная микроскопия исследуемого цемента

Установлено, что активация частиц цемента с каждым последующим увеличением энергии активации на 17 кДж/кг приводит к увеличению контактов между частицами примерно в 2 раза. При активации цемента с энергией активации 51 кДж/кг увеличение числа контактов частиц цемента в сравнении с контрольным цементом происходит на порядок (табл. 2).

**Таблица 2.** Изменение числа контактов и степени полидисперсности после активации цемента в дезинтеграторной установке

№	Образец	Число контактов, шт./м <sup>2</sup>	Степень полидисперсности
1	ЦЕМ I Контрольный	$1,75 \cdot 10^9$	0,022
2	ЦЕМ I с энергией активации 17 кДж/кг	$3,8 \cdot 10^9$	0,039
3	ЦЕМ I с энергией активации 34 кДж/кг	$7,2 \cdot 10^9$	0,021
4	ЦЕМ I с энергией активации 51 кДж/кг	$16,2 \cdot 10^9$	0,016

Стоит отметить, что с изменением числа контактов частиц цемента, изменяется степень полидисперсности исследуемого материала, которая характеризует меру распределения частиц по размерам (см. табл. 2). Увеличение степени полидисперсности цемента с энергией активации

17 кДж/кг в сравнении с контрольным цементом, связано с разрушением крупных частиц цемента. Как видно из представленных результатов, степень полидисперсности цемента с энергией активации 34 кДж/кг и 51 кДж/кг уменьшается, что объясняется агрегированием цемента. Это обусловлено тем, что при таких энергиях активации частицы цемента переходят в квазиаморфное метастабильное состояние с повышенным значением свободной энергии частиц.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев С.Е.* Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.А. Петров, В.В. Зверевич. М.: Недра, 1980. 416 с.
2. *Федюк Р.С.* Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) / Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, В.С. Лесовик // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2018. № 4(37). С. 85-99.
3. *Самченко С.В.* Влияние ультрадисперсной добавки из предварительно гидратированного цемента на свойства цементной пасты / С.В. Самченко, Е.С. Егоров // Техника и технология силикатов. Международный журнал по вяжущим, керамике, стеклу и эмалям. 2019. Т. 26, № 2. С. 52-57.
4. *Рыбакова М.В.* Интенсификация процесса твердения цементного камня на основе механоактивированной суспензии / М.В. Рыбакова, В.Д. Барбанягрэ // II Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей: сборник докладов. СПб.: АлитИнформ, 2011. 140 с.
5. *Complex Method of Stabilizing Slag Suspension / S. Samchenko, I. Kozlova, O. Zemskova, D. Zamelin, A. Pepelyaeva // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. V. 983. P. 817-827.*
6. *Кривобородов Ю.Р.* Активация цемента для улучшения свойств бетона / Ю.Р. Кривобородов, Д.А. Ясько // Новая наука: проблемы и перспективы. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Стерлитамак: РИЦА МИ. 2015. № 3. С. 105-108.
7. *Гуринович Л.С.* Механохимическая обработка строительных материалов / Л.С. Гуринович, Б.А. Усов // Экология и строительство. 2015. Т. 3, № 3. С. 22.
8. *Disintegrator as Device for Milling of Mineral Ores / D. Goljandin, P. Kulu, H. Käerdi, A. Bruwier // Materials Science. 2005. No. 11(4). P. 398-402.*
9. *Research of the possibility of producing finely divided materials from natural raw materials for reactive powder concretes by mechanochemistry / M.A. Abramov, E.G. Stepanov, D. Golyandin, V.B. Dobrokhotov // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019. V. 666. P. 1-5.*

## **ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ВНУТРЕННИХ ОГРАЖДЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**С.Е. Фомичева**

Научный руководитель – **А.В. Иванова**, старший преподаватель

Вологодский государственный университет

*В работе представлен расчет звукоизоляции внутренней ограждающей конструкции в помещении общественного здания.*

***Ключевые слова:** общественные здания, звукоизоляция, индекс изоляции воздушного шума, частотная характеристика*

## **SOUND PROOFING OF INTERNAL FENCES INDOOR PUBLIC BUILDINGS**

**S.E. Fomicheva**

Scientific Supervisor – **A.V. Ivanova**, Senior Lecturer

Vologda State University

*The paper presents the calculation of sound insulation of the internal enclosing structure in the premises of a public building.*

***Keywords:** public buildings, sound insulation, airborne sound insulation index, frequency response*

Одним из важных условий комфортного жилья является выполнение защиты от повышенных шумов, проникающих в помещения. В связи с ужесточением норм звукоизоляции ограждений, в существующих зданиях ограждающие конструкции имеют низкий индекс изоляции воздушного шума.

В работе определена звукоизоляция глухим металлическим витражом, с остеклением в одно силикатное стекло при толщине  $h = 4$  мм и плотностью  $2500 \text{ кг/м}^3$  между офисными помещениями разных фирм. Расчет выполнялся на основании СП 23-103-2003. По методике СП, максимум частотной характеристики (точка «В») для силикатного стекла при объёмной плотности  $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$  вычисляется по формуле (1)

$$f_s = \frac{6000}{h} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ Гц}, \quad (1)$$

где  $h$  – толщина стекла в мм.

Это попадает в третьоктавную полосу со среднегеометрической частотой 1600 Гц с границами 1415–1782 Гц. Индекс изоляции будет равен  $R_w = 35$  дБ.

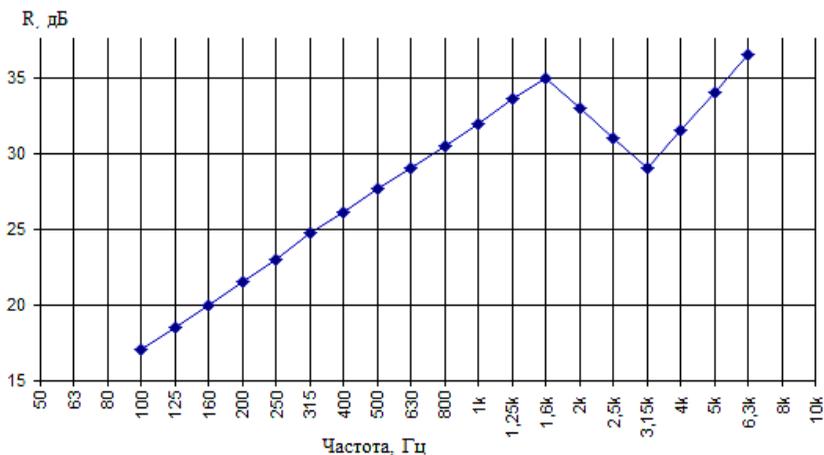
Частота провала (точка «С») звукоизоляции ограждения определяется по формуле (2)

$$f_c = \frac{12000}{h} = \frac{12000}{4} = 3000 \text{ Гц}, \quad (2)$$

где  $h$  – толщина стекла в мм.

Это попадает в третьоктавную полосу со среднегеометрической частотой 3150 Гц с границами 2829–3563 Гц. Индекс изоляции воздушного шума равен  $R_w = 29$  дБ.

Построение частотной характеристики производится в следующем порядке: из точки «В» строится отрезок «ВА» влево при наклоне 4,5 дБ на октаву, а из точки «С» проводится отрезок «CD» вправо при наклоне 7,5 дБ на октаву (рис. 1).



**Рис. 1. Частотная характеристика металлического витража**

За счёт полученной частотной характеристики определен индекс изоляции воздушного шума  $R_w = 35$  дБ. Расчет индекса изоляции воз-

душного шума выполнен в соответствии СНиП 23-03-2003. Согласно данным СНиПа, индекс изоляции воздушного шума перегородкой между офисами разных фирм должен быть 48 дБ, что превышает индекс изоляции воздушного шума, полученного при расчете. Увеличение звукоизоляции металлического витража возможно несколькими способами, которые представлены в работах авторов [1-5]. В дальнейшем представляет интерес рассмотреть подробнее каждый из способов и выявить наиболее эффективный.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А.В. Киряткова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин, Л.Э. Шашкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 4(32). С. 73-79.
2. Кочкин А.А. Влияние измененной изгибной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 2(368). С. 286–291.
3. О способе повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А.А. Кочкин, А.В. Киряткова, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2019. № 6(1018). С. 6-7.
4. Пат. 176345 Российская Федерация, МПК ЕО4С 1/40 (2006.01), ЕО4В 1/82 (2006.01). Звукоизоляционный строительный элемент с вибропоглощением / А.А. Кочкин, И.В. Матвеева, Л.Э. Шашкова, Н.А. Кочкин, А.В. Киряткова; опубл. 17.01.2018, Бюл. № 2. 6 с.
5. Шашкова Л.Э. Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л.Э. Шашкова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2018. № 6(1006). С. 26-27.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

У.Д. Панова

Научный руководитель – **А.В. Иванова**, старший преподаватель

Вологодский государственный университет

*В работе представлен обзор исследований звукоизоляции ограждающих конструкций в жилых и общественных зданиях.*

**Ключевые слова:** звукоизоляция, ограждающие конструкции, жилые и общественные здания, индекс изоляции воздушного шума

## SOUND PROOFING STUDY ENVELOPED STRUCTURES

U.D. Panova

Scientific Supervisor – **A.V. Ivanova**, Senior Lecturer

Vologda State University

*The paper presents an overview of studies of sound insulation of enclosing structures in residential and public buildings.*

**Keywords:** sound insulation, enclosing structures, residential and public buildings, airborne sound insulation index

В настоящее время происходит рост числа источников шума и ужесточение норм шума в помещениях зданий. Одним из эффективных способов снижения уровней шума проникающих в помещения является применение звукоизолирующих ограждений. Поэтому возникает проблема повышения звукоизоляции таких конструкций.

Изучение прохождения звука через ограждающие конструкции рассматривались очень давно. В самом начале были исследованы однослойные ограждающие конструкции, после при появлении новых звукоизолирующих конструкций, стали исследовать конструкции из многослойных элементов. Впервые прохождение звука через тонкий слой рассмотрел и теоретически обосновал Лорд Рэле. На основании своих исследований Реле сформулировал "закон масс", в котором говорится, что при

увеличении массы ограждения в два раза, его звукоизоляции повышается на 6 дБ.

Прохождение звука через конструкции очень точно описывает теория самосогласования волновых полей, разработанная М.С. Седовым. Согласно его теории звукоизоляция определяется не только поверхностной массой ограждения, но и частотой звука, коэффициентом потерь и характером взаимосвязи вибро- и звуко-полей. Массивные однослойные конструкции обладают хорошим значением звукоизоляции, но требование рационального расхода материалов и повышение стоимости квадратного метра жилого помещения, требуют разработки новых конструкций. К ним относятся двойные ограждающие конструкции, представляющие собой ограждения, из двух тонких облицовочных листов, установленных через воздушный промежуток или звукопоглощающий материал.

Одним из первых прохождение звука через двойные звукоизолирующие конструкции исследовал Е. Винтергерст. Он построил модель ограждения в виде двух масс без связи между собой. Винтергерст установил, что увеличивая воздушный промежуток, увеличивается и звукоизоляция двойного ограждения. Также И.И. Боголеповым было исследовано влияние на звукоизолирующую способность двойного ограждения разных параметров, таких как вибродемпфирующие покрытия обшивок, звукопоглощающий материал в промежутке между обшивками [1].

Далее изучается повышение звукоизоляции с использованием многослойных конструкций. При исследовании многослойных конструкций полученные результаты доказывают, что чередование наружных жестких листов и внутренних мягких слоев дает значительное повышение звукоизоляции, без увеличения массы конструкции [2-5].

В настоящее время необходимо повысить звукоизоляцию ограждений, без увеличения их массы и толщины, путем выявления их внутренних резервов и с наименьшей затратой материальных средств. Поэтому представляет интерес исследование звукоизоляции многослойных ограждений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боголепов И.И.* Теоретические исследования звукоизолирующей способности судовых двустенных конструкций / И.И. Боголепов // Труды ЦНИИ технологии судостроения. 1963. Вып. 45. С. 16-35.
2. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А.В. Киряткова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин, Л.Э. Шашкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 4(32). С. 73-79.

3. *Кочкин А.А.* Влияние измененной изгибной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 2(368). С. 286–291.

4. О способе повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А.А. Кочкин, А.В. Киряткова, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2019. № 6(1018). С. 6-7.

*Шашкова Л.Э.* Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л.Э. Шашкова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2018. № 6(1006). С. 26-27.

УДК 69.059.2:726.54

## **УСИЛЕНИЕ СТЕН СРЕТЕНСКОЙ ЦЕРКВИ С ПОМОЩЬЮ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ**

**Д.О. Лузянин, И.С. Казакова**

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

Вологодский государственный университет

*Рассматривается усиление кирпичных стен Сретенской церкви в г. Великий Устюг Вологодской области. Установлены причины повреждения стен и разработаны мероприятия по их усилению с использованием современных материалов*

***Ключевые слова:** натурные обследования, усиление стен, дефекты и повреждения, инъектирование, углеродные ленты, углеродные анкеры*

## **STRENGTHENING OF THE WALLS OF THE SRETENSKY CHURCH WITH USING CARBON COMPOSITES**

**D.O. Luzianin, I.S. Kazakova**

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

Vologda State University

*The strengthening of the brick walls of the Sretenskaya Church in the town of Veliky Ustyug, Vologda region is considered. The causes of damage to the walls have been established and measures have been developed to strengthen them using modern materials.*

***Keywords:** field surveys, wall reinforcement, defects and damages, injection, carbon tapes, carbon anchors*

В настоящее время в России очень остро стоит вопрос о сохранении памятников архитектуры. Одно из решений данной проблемы – это усиление конструкций с использованием в реставрации новых материалов.

Цель настоящего исследования состоит в обосновании применения современных материалов и технологий для эффективного укрепления стен церкви Сретения Владимирской Иконы Божьей Матери.

Актуальность исследования обусловлена тем, что несмотря на общемировой опыт и практику применения инновационных технологий и реставрационных материалов, в нашей стране и в частности Вологодской области специалисты зачастую пользуются традиционными и устоявшимися методами реставрации [1]. Реставраторы не используют новейшие достижения в науке в силу разных обстоятельств, хотя их применение могло бы значительно ускорить процесс проведения реставрационных работ, повысить долговечность укрепленных конструкций.

Инновационные методы усиления конструкций основаны на применении композитных материалов (далее КМ), в частности углеродных лент. Этот композит легче и прочнее аналогов, не прозрачен, не изменяет линейные размеры при изменениях температуры, способен выдерживать высокие температуры даже в агрессивной среде. В связи с этим целесообразнее использовать именно композиты для укрепления старых зданий и исторических объектов, что не приведет к дополнительной нагрузке на стены и фундамент здания. Кроме прочих достоинств, использование КМ не требует высокой квалификации работников, что делает способ более удобным, чем традиционная вычинка кирпича, которую могут произвести только опытные каменщики.

Совместно с данной технологией используется инъектирование для восстановления сцепления, предотвращения попадания влаги в трещину и разрушения кладки. Путем инъектирования производится заполнение полостей и трещин, что помогает соединить разрозненные части зданий и укрепить стены.

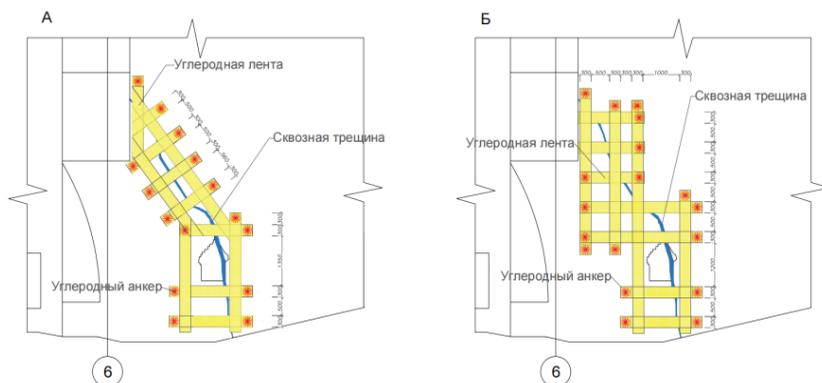
Церковь Сретения (1685-1690 гг.) является объектом культурного наследия федерального значения и находится в г. Великий Устюг, пл. Коммуны, 13. Стены Сретенской церкви выложены из красного большемерного кирпича размером 300x150x70 мм. Кладка на известковом растворе. Храм находится в аварийном состоянии. Отсутствие штукатурного слоя, деструкция кирпичной кладки, множественные следы намокания вызваны во многом воздействием атмосферных осадков. Над алтарем, северной галереей и западными поздними пристройками отсутствуют кровля и перекрытия. Среди прочих утрат и дефектов, на северной стене алтарной части была обнаружена сквозная вертикальная трещина длиной около 7,2 м и с шириной раскрытия до 7 см, появление которой вызвано деформацией грунтов основания.

Для предотвращения дальнейшего разрушения стены Сретенской церкви возникает необходимость в разработке мер по ее усилению и ремонту. Основные работы по конструкционному ремонту храма включают: усиление фундамента и его основания, инъектирование раскрытых трещин и пустот в кладке, а также укрепление стены углеродными лентами с последующим устройством по ним выравнивающей штукатурки.

Перед инъектированием трещины расчищаются от пыли и грязи. Затем внутренние пустоты трещины по максимуму заполняются низковязким составом на основе эпоксидных смол Манопокс 352 и зачеканиваются составом Стармекс. Вдоль зачеканенной трещины под углом 45 градусов к поверхности стены с шагом 150–300 мм просверливаются шурупы диаметром 18 мм, в которые устанавливаются инъекционные трубки (пакеры) и нагнетается строительный раствор. Через сутки пакеры демонтируются, а шурупы зачеканиваются ремонтным составом. Те же процедуры производятся и с противоположной стороны стены. Стоимость данных работ оценивается в 54000 руб.

После инъектирования приступают к наклейке углеродных лент. Размещение углеродных лент в зоне повреждения прерывает дальнейшее разрушение и дает дополнительный запас прочности. Поскольку кладка на растяжение имеет меньшие прочностные характеристики, в отличие от сжатия, то усиление кирпичной кладки производится для восполнения недостатка несущей способности на растяжение.

На практике можно встретить два способа размещения углеродных лент. Усиление стен храма первым способом приведено на рис. 1, а. Главный принцип размещения композитных лент заключается в расположении их параллельно растягивающим усилиям или перпендикулярно трещинам. Углеродные ленты воспринимают на себя те растягивающие напряжения, которые не воспринимает кирпичная кладка [2]. Используются ленты шириной 300 мм Армошел КВ 500 в комплексе с эпоксидным вяжущим Манопокс. Ленты закрепляются с помощью углеродных анкеров. Диаметр «венчика» углеродного анкера равен ширине ленты, глубина установки анкера 350 мм. Стоимость материалов составляет 50700 руб.



**Рис. 1. Усиление стен с использованием углеродных лент: а) расположение лент перпендикулярно трещине; б) расположение лент в вертикальном и горизонтальном направлении относительно пола помещения**

По второму способу ленты размещают в вертикальном и горизонтальном направлении относительно пола помещения (рис. 1, б). В этом случае материалы обойдутся в 66615 руб.

В результате проведенных исследований установлена возможность использования современных материалов при реставрации и реконструкции объекта культурного наследия. При усилении стен Сретенской церкви предлагается первый способ размещения лент углеволокна, как более эффективный.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крупнова Д.С.* Усиление стен храмового здания / Д.С. Крупнова, И.С. Казакова // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. 994 с. С. 747-751.
2. *Старцев С.А.* Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями / С.А. Старцев, А.А. Сундукова // Строительство уникальных зданий и сооружений: научный журнал. 2014. Вып. 6(21). С. 17-31.

УДК 699.844.3

## **О ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ШУМА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ КВАРТИР**

**Е.А. Юнина**

Научный руководитель – **Л.Э. Шашкова**, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный университет

*В работе рассматриваются причины возникновения повышенных уровней шума в жилых помещениях и описаны варианты решения данной проблемы.*

***Ключевые слова:** жилые здания, предприятия обслуживания, индекс изоляции шума, звукоизоляция строительных конструкций*

## **ON THE PROBLEM OF REDUCING NOISE LEVELS IN RESIDENTIAL AREAS OF APARTMENTS**

**E.A. Yunina**

Scientific Supervisor – **L.E. Shashkova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Vologda State University

*The paper discusses the causes of increased noise levels in residential premises and describes options for solving this problem.*

***Keywords:** residential buildings, service enterprises, noise insulation index, sound insulation of building structures*

Одним из закономерных последствий процесса урбанизации является повышение уровней шума в городах, как на селитебных территориях, так и в зданиях и сооружениях. Источниками данной проблемы являются не только транспортные и технологические процессы, т.е. внешние, но и внутренние, те которые размещаются внутри зданий.

В достаточно большом количестве жилых зданий, введенных в эксплуатацию с 90-х годов прошлого века и по настоящее время, размещаются нежилые помещения, которые полностью или частично занимают первый этаж. В такой ситуации при проектировании были учтены требуемые индексы изоляции конструкций на момент постройки (в соответствии с

первоначальным назначением нежилых помещений), отделяющие данные помещения предприятий обслуживания от жилых квартир. Однако они могут не соответствовать современным требованиям, по причине ужесточения норм, необходимости замены (установки) технологического оборудования с другими технологическими характеристиками, или по причине изменения функционального назначения данных помещений.

Результатом модернизации или изменения назначения таких нежилых помещений и необходимости размещения в них необходимого инженерно-технологического оборудования, будет увеличение уровней шума во всех помещениях и однозначно требуется увеличение звукоизоляции всех смежных с жилыми помещениями конструкций.

С другой стороны, при переводе жилых помещений в нежилые, которые будут являться более шумными, а разделяющие их строительные конструкции изначально были запроектированы с другими более низкими звукоизоляционными характеристиками для смежных жилых квартир. И разница между этими значениями может составлять до 10 дБ, что является серьезной величиной, временами труднодостижимой.

Данная картина характерна и для Вологодской области, где ряд предприятий обслуживания в городах и населенных пунктах сталкивается с проблемой, когда при устройстве предприятий обслуживания на первых этажах жилых многоквартирных домов, жильцы обращаются в надзорные органы с жалобами на повышенные уровни шума, как в дневное, так и в ночное время. После подтверждения данных фактов, руководители и собственники получают предписание о необходимости устранить выявленное нарушение.

Практика и опыт показывают, что при работе таких предприятий обслуживания основными источниками шума в большинстве случаев является инженерно-технологическое оборудование, работающие круглосуточно. Решить данную проблему возможно двумя способами:

- снижение уровней шума в источнике – работа инженерно-технологического оборудования;
- увеличение звукоизоляции перекрытия или стены смежной с жилым помещением.

Лучшие результаты наблюдаются, при комплексном решении с использованием обоих способов.

Если с первой задачей справляются, чаще всего, устранением жестких связей между оборудованием и конструкциями здания, то со второй – устройством конструкции дополнительной звукоизоляции перекрытия [1-3] или стены [4, 5] со стороны помещения с источником шума [1-3].

Такие решения по увеличению звукоизоляционных характеристик ограждающих конструкций [1-5] показали свою эффективность. В даль-

нейшем представляет определенный интерес развитие этого направления с возможной разработкой новых технических решений.

Наилучшие результаты достигаются при решении обеих задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А.В. Киряткова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин, Л.Э. Шашкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 4(32). С. 73-79.
2. О способе повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А.А. Кочкин, А.В. Киряткова, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2019. № 6(1018). С. 6-7.
3. *Шашкова Л.Э.* Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л.Э. Шашкова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин // Бюллетень строительной техники. 2018. № 6(1006). С. 26-27.
4. Пат. на полезную модель RU 176345, МПК E04C 1/40, E04B1/82. Звукоизоляционный строительный элемент с вибропоглощением / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, Н.А. Кочкин, А.В. Киряткова, И.В. Матвеева; заявитель и патентообладатель Вологод. гос. ун-т. № 2016149061; заявл. 13.12.2016; опубл. 17.01.2018, Бюл. № 2. 6 с.
5. *Кочкин А.А.* Влияние измененной изгибной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // Технология текстильной промышленности. 2017. Вып. 2(368). С. 286-290.

УДК 699.844

## О ВОПРОСЕ ЗВУКОВОГО КОМФОРТА В НОВЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

**А.А. Шеншова**

Научный руководитель – **Л.Э. Шашкова**, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный университет

*Работа посвящена вопросу создания звукового комфорта в жилых домах в зависимости от вида шума, его источника и типа конструкции. Даны рекомендации по повышению звукоизоляции соответствующих конструкций.*

**Ключевые слова:** комфортное жильё, воздушный шум, ударный шум, звукоизоляция строительных конструкций

## ON THE QUESTION OF SOUND COMFORT IN NEW HOUSES

**A.A. Shenshova**

Scientific Supervisor – **L.E. Shashkova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Vologda State University

*The work is devoted to the issue of creating sound comfort in residential buildings, depending on the type of noise, its source and type of construction. Recommendations are given to improve the sound insulation of the corresponding structures.*

**Keywords:** comfortable housing, airborne noise, impact noise, sound insulation of building structures

При выборе и покупке жилья у каждого человека возникает желание приобрести ту идеальную квартиру, которая будет радовать его долгие годы, а значит, будет отвечать всем требованиям, предъявляемым к комфортному проживанию. И если оценить такие характеристики квартиры, как тип и расположение дома, наличие лифта, планировочное решение квартиры, можно сразу при просмотре, то существуют и скрытые моменты, которые в дальнейшем могут оказать существенное влияние на комфортность проживания.

Как известно, комфорт складывается из трех составляющих: тепло, свет и звук. И как раз последнее из перечисленных является самым распространенным негативным явлением. Всё большее число людей, приобретающих квартиры в новых домах, сталкиваются с проблемами низкой звукоизоляции конструкций (стен, перекрытий и перегородок), к сожалению, данная проблема присуща большинству жилых домов, различных конструктивных решений: блочные, панельные, монолитные, кирпичные и т.д.

Шум, распространяющийся через конструкции, условно подразделяют на два вида: шум воздушный и ударный, в зависимости от способа воздействия и передачи.

И если ударный шум возникает при непосредственном воздействии на строительные конструкции (удар, ходьба, перемещение предметов и т.п.), то источником воздушного шума чаще всего являются речь, музыка, звук работающего телевизора.

Если требуется увеличить звукоизоляцию перекрытия, т.е. источником шума являются соседи сверху, следует помнить, что перекрытие подвержено передаче как ударного, так и воздушного шума. А способы борьбы с низкой звукоизоляцией строительных конструкций находятся в прямой зависимости от вида шума, который является причиной проблемы. Так, чтобы увеличить звукоизоляцию от ударного шума, необходимо выполнять устройство конструкций дополнительной звукоизоляции полов [1, 2], а для улучшения звукоизоляционных характеристик от воздушного шума возможно использовать в потолках слоистые конструкции [2].

В случае приобретения квартиры вообще без внутренних перегородок имеет смысл внимательно изучить все возможные варианты конструктивных решений и их звукоизоляционных характеристик, чтобы в дальнейшем не столкнуться с проблемой плохой звукоизоляции между кухней и спальней или между жилыми комнатами и санузлом. Перспективным вариантом, подтвержденным исследованиями, являются решения с использованием элементов с вибропоглощением [3] или измененной изгибной жесткостью [1]. Также известны способы увеличения звукоизоляции уже существующих конструкций [4, 5], которые также доказали свою эффективность.

Очевидно, что данное направление по разработке звукоизоляционных элементов и конструкций является перспективным и востребованным: поиск новых вибродемпфирующих материалов, способов их нанесения и расположения в элементах, а также разработка и исследование новых конструкций на основе таких элементов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кочкин А.А.* Влияние измененной изгибной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // *Технология текстильной промышленности*. 2017. Вып. 2(368). С. 286-290.
2. *Шашкова Л.Э.* Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л.Э. Шашкова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин // *Бюллетень строительной техники*. 2018. № 6 (1006). С. 26-27.
3. Пат. на полезную модель RU 176345, МПК E04C 1/40, E04B1/82. Звукоизоляционный строительный элемент с вибропоглощением / А.А. Кочкин, Л.Э. Шашкова, Н.А. Кочкин, А.В. Киряткова, И.В. Матвеева; заявитель и патентообладатель Вологод. гос. ун-т. № 2016149061; заявл. 13.12.2016; опубл. 17.01.2018, Бюл. № 2. 6 с.
4. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А.В. Киряткова, А.А. Кочкин, И.Л. Шубин, Л.Э. Шашкова // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2020. № 4 (32). С. 73-79.
5. О способе повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А.А. Кочкин, А.В. Киряткова, Л.Э. Шашкова, И.Л. Шубин // *Бюллетень строительной техники*. 2019. № 6(1018). С. 6-7.

УДК 624.072.2.014.2:69.0

## К АНАЛИЗУ ПРИЧИН ОБРУШЕНИЯ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

**Н.А. Харинский, И.С. Казакова**

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

Вологодский государственный университет

*Рассматриваются причины обрушений зданий из лёгких стальных тонкостенных конструкций*

**Ключевые слова:** лёгкие стальные тонкостенные конструкции, особенности, обрушение, причины

## ANALYSIS OF THE CAUSES OF COLLAPSE OF LIGHT STEEL THIN-WALL STRUCTURES OF BUILDINGS

**N.A. Kharinskiy, I.S. Kazakova**

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

Vologda State University

*The causes of collapses of buildings made of light steel thin-walled structures are considered*

**Keywords:** light steel thin-walled structures, features, collapse, causes

У каждого строительного материала есть шанс стать брендом. Это требует конкурентоспособной цены и индивидуальной узнаваемости. Все это присутствует в легких стальных тонкостенных конструкциях, сокращенно ЛСТК. Эти конструкции были впервые применены строителями в США, Японии, Канаде и Европе. Сравнительно недавно строительные технологии ЛСТК стали доступны отечественным потребителям, желающим получить экологически чистое здание по доступной цене.

Технология ЛСТК по праву считается современным способом возведения зданий и сооружений. Она основана на использовании легких

стальных тонкостенных конструкций, представляющих собой стальные оцинкованные профили. ЛСТК используются для возведения несущего каркаса здания (рис. 1). Благодаря продуманной и рассчитанной конструктивной схеме требуемые параметры прочности и несущей способности могут быть достигнуты и при сравнительно малой массе здания. Каркас из конструкций ЛСТК устанавливается с помощью винтовых соединений, что обеспечивает как быстроту работы, так и надежность соединений и узлов.



**Рис. 1. Схема каркаса здания из ЛСТК**

Однако применение стальных тонкостенных конструкций ограничено рядом объективных факторов. Особенность ЛСТК в том, что в отличие от металлоконструкций из черного проката, они не работают с пластическими деформациями. Здания ЛСТК не выдерживают даже кратковременных перегрузок и тут же разрушаются. При расчете тонкостенных профилей особенно важно учитывать возможную потерю устойчивости (общую и местную), учитывать особенности их работы на стесненное кручение и нелинейность их поведения [1].

Расчет стальных тонкостенных конструкций за рубежом регламентируется стандартами DIN и Еврокодом EN-1993-1-3. Подобных нормативных документов в России долгое время не было, поэтому все расчеты выполнялись по европейским нормам проектирования, которые не были гармонизированы с нашими нормативными документами и не учитывали национальные особенности Российской Федерации: сейсмические, геофизические, природно-климатические, социальные, опасные геологические процессы и т.д.



**Рис. 2. Обрушение конструкций покрытия коровника  
(Брянская обл., 2010)**

Из анализа литературных источников и информации в интернете именно по этой причине происходило большинство аварий. Чаще всего обрушение конструкций происходило на зданиях производственного назначения (коровник в Жуковском районе, Брянской обл. (2010 г.), ангар для склада запасных частей в Прибалтике (2011 г.), производственный ангар на Багиатском заводе в Южной Осетии (2013 г.) и т.д.). В жилых зданиях таких обрушений в литературе не выявлено. Это объясняется меньшими пролетами тонкостенных конструкций в них. Кроме того, в жилищном строительстве предварительно разрабатывались проекты экспериментальных жилых здания из стальных тонкостенных профилей, и только после их полного анализа и экспертизы начиналось их серийное производство. В связи с появлением в России нового нормативного документа СП 260.1325800.2016 [2], который разработан на основе европейских норм проектирования и гармонизирован с нашими нормативными документами, появилась возможность проектировать из ЛСТК здания любого функционального назначения. Появление этого документа позволило решить ряд проблем с проектированием и привело в настоящее время к увеличению доли объема зданий с использованием ЛСТК почти до 10% в общем объеме всех возводимых зданий.

В процессе эксплуатации зданий из различных тонкостенных конструкций была собрана статистика по авариям и обрушениям, произошедшим при монтаже и эксплуатации зданий. Причины аварий можно разделить на **две группы**:

- ошибки, допущенные в процессе проектирования;
- ошибки, допущенные при строительстве.

В первой группе возникновение аварий и разрушение конструкций вызваны неверным проектным решениям (отсутствием опыта и норм проектирования, игнорированием климатических зон, недооценкой «тонкостенности» сечений).

Основные ошибки:

- учет полных, а не редуцированных характеристик сечения;
- отсутствие необходимого количества связей (превышение величины гибкости принятых сечений над допустимыми);
- отклонение от типовых решений конструктивных узлов (недостаточное количество элементов крепления, неправильная передача усилий).

Во второй группе повреждения конструкций вызваны дефектами и неисправностями при монтаже, низкой культурой производства, выполнением строительных работ без проекта, отклонениями от проекта.

Наиболее распространенные ошибки этой группы:

- необоснованная замена сечений на меньшее;
- занижение количества и типа креплений при монтаже;
- невыполнение связей, предусмотренным проектом;
- изменения в расчетной схеме здания;
- отклонение от требований по установке элементов.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Большинство аварий в зданиях из ЛСТК произошли до введения в России нормативного документа СП 260.1325800.2016.

2. Появление СП260.1325800.2016 позволило исключить ошибки, которые ранее встречались при проектировании зданий из ЛСТК, увеличить объемы их строительства в России и обеспечить их безотказную работу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казакова И.С.* Легкие стальные тонкостенные конструкции: проектирование и расчет: учебное пособие / И.С. Казакова. Вологда: ВоГУ, 2020. 117 с.
2. СП 260.1325800.2016. Свод правил. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. М.: Стандартинформ, 2015. 116 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ РЕМОНТА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**А.В. Куликов, М.А. Абрамов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Изучение новой технологии пропитки бетонных и железобетонных конструкций составами хлорида кальция и добавки ускорителя набора прочности для достижения бетона марочной прочности или превышающей её.*

***Ключевые слова:** бетон, железобетон, дефект, пропитка, прочность*

## **RESEARCH OF SPECIAL COMPOSITIONS FOR REPAIR OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

**A.V. Kulikov, M.A. Abramov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The study of a new technology of impregnation of concrete and reinforced concrete structures with calcium chloride compounds and the addition of a strength gain accelerator to achieve concrete grade strength or exceeding it.*

***Keywords:** concrete, reinforced concrete, defect, impregnation, strength*

Критическими дефектами бетонных и железобетонных конструкций, которые приводят к нарушению внутренней структуры искусственного камня, появлению внешних и внутренних макро- и микротрещин, являются нарушение правил зимнего бетонирования, невыполнение мероприятий по уходу за бетоном в зимний и летний период, загрузка конструкций до достижения бетоном проектной или нормативной прочности [1], в том числе приводят к недобору прочности конструкции, заложенной в проекте.

В литературе [2] встречается довольно большое количество методов ремонта и реконструкции дефектных элементов: демонтаж конструкции и возведение на её месте новой или усиление самой дефектной конструкции. Усиление производят или методом металлической «обоймы» или увеличением площади поперечного сечения, также набирает популярность метод усиления конструкций композитными материалами. Большинство существующих методов являются трудоемкими и затратными, однако часто недобор прочности является незначительным, в пределах 10% от марочной.

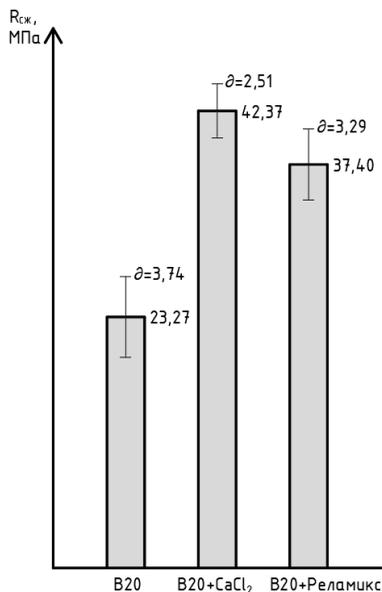
Целью работы является оценка возможности использования ресурса непрореагировавшего портландцемента для достижения бетоном марочной прочности. Использование этого ресурса предполагается пропиткой образцов ускорителями твердения, такими как хлорид кальция и добавка ускоритель набора прочности «Реламикс».

**Таблица 1. Испытание образцов-балочек после пропитки:**

$R_{изг}$  – прочность бетона на изгиб;  $R_{изг}^{cp}$  – средняя прочность бетона на изгиб;  
 $R_{сж}$  – прочность бетона на сжатие;  $R_{сж}^{cp}$  – средняя прочность бетона на сжатие;  
 $K_{тр}$  – коэффициент трещиностойкости;  $V_m$  – коэффициент вариации

№ п/п	Образец	$R_{изг}$ , МПа	$R_{изг}^{cp}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа		$R_{сж}^{cp}$ , МПа	$K_{тр}$	$V_m$ , %
				1	2			
1	Бетон В20	4,56	4,61	27,30	19,78	23,27	0,20	12,76
2	Бетон В20	4,86		24,19	27,30			
3	Бетон В20	4,41		15,53	25,50			
4	В20+CaCl <sub>2</sub>	6,24	6,21	45,44	43,31	42,37	0,15	7,22
5	В20+CaCl <sub>2</sub>	6,19		38,25	–			
6	В20+CaCl <sub>2</sub>	6,20		40,21	44,62			
7	В20+Реламикс	6,56	6,63	41,51	–	37,40	0,18	10,86
8	В20+Реламикс	6,61		34,65	32,04			
9	В20+Реламикс	6,71		41,51	37,27			

Прирост прочности образцов на 9-е сутки при использовании хлорида кальция составил 19,10 МПа (82,08%), Реламикса составил 14,13 МПа (60,72%), что выходит за рамки погрешности эксперимента и соответственно метод повышения прочности бетона в сухом состоянии работает. Использование хлорида кальция ограничено для железобетонных конструкций, но может найти применения для неармированных бетонных массивов. Использование Реламикса целесообразно для железобетонных конструкций, так как нет негативного влияния на арматуру.



**Рис. 1. Средняя прочность образцов на сжатие**

Дальнейшие исследования будут направлены на установление механизма повышения прочности бетона при постобработке его ускорителями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов. М: Госстрой России, 1993. 19 с.
2. Яковлева М.В. Восстановление и усиление железобетонных и каменных конструкций. Учебное пособие / М.В. Яковлева, О.Н. Коткова, В.С. Широков. М: Форум, 2015. 97 с.

УДК 691

## ОГНЕСТОЙКОСТЬ СИСТЕМ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

**С.В. Корнев, М.А. Абрамов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Эксперимент по получению изменений в структуре углеволокна при влиянии прямого огня.*

**Ключевые слова:** огнестойкость, углеволокно, холсты, ламели

## FIRE RESISTANCE OF EXTERNAL REINFORCEMENT SYSTEMS OF STRUCTURES

**S.V. Kornev, M.A. Abramov**

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

Yaroslavl State Technical University

*Experiment on obtaining changes in the structure of carbon fiber under the influence of direct fire.*

**Keywords:** fire resistance, carbon fiber, carbon canvases, lamellas

Здания и сооружения, находящиеся в аварийном состоянии, а также реконструируемые здания, подвергаются специальному обследованию. По окончании проведения обследования зданий и сооружений, делается техническое заключение, содержащее рекомендации по ходу выполнения восстановительных работ строительных конструкций. Для дефектов, которые нельзя устранить обычным косметическим ремонтом, разрабатывается проект усиления указанных несущих конструкций [2].

Метод усиления конструкций композитными материалами в настоящее время является самым «бережным» методом ремонта и восстановления строительных конструкций. Он позволяет производить реконструкцию элементов в короткие сроки, является более экономичным, по сравнению с традиционными, увеличивает срок службы конструкции [2].

**Достоинства** системы внешнего армирования на основе углеродных волокон:

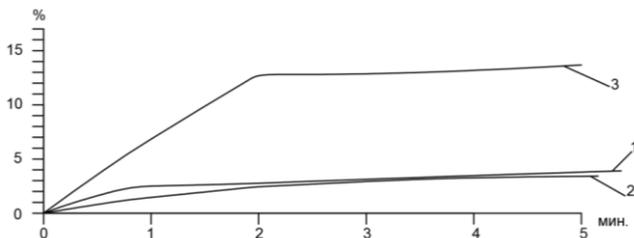
- элементы усиления имеют ничтожный вес по сравнению с привычными решениями по усилению стальными элементами;
- для монтажа систем высокопрочного усиления не требуется специальная грузоподъемная техника, все материалы легко перемещаются вручную в нужную точку конструкции

**Недостатки:**

- максимальная эксплуатационная температура системы высокопрочного усиления составляет от 60 до 150 °С, что требует выполнения теплозащиты и огнезащиты таких конструкций усиления;
- достаточно высокие требования к прочности и подготовке поверхности усиливаемой железобетонной конструкции;
- для качественного и надежного выполнения работ по усилению с помощью углепластиковых материалов требуются высококвалифицированные рабочие. [2]

Поскольку серьезным недостатком любых композитных материалов будет невысокая максимальная эксплуатационная температура, что требует дополнительной работы по нанесению огнезащиты на усиливаемую конструкцию, целью исследования будет оценка влияния воздействия прямого огня на свойства углеволокна и системы композитного армирования в целом. Согласно пункту 4.16 [1], отсутствие огнезащиты для системы внешнего армирования, равносильно отсутствию внешнего армирования при расчёте.

В ходе эксперимента под прямым пламенем, моделирующим воздействие пожара, с помощью горелки производился нагрев образцов углеродной ленты CarbonWrap Tape 530/300, углеродной ленты производства ООО «Калужский завод углеродных тканей» и ламели CarbonWrap. Целью эксперимента будет получения визуального результата после длительного нагревания образцов.



**Рис. 1. График зависимости потери массы образцов от времени воздействия огня:** 1 - углеродная лента CarbonWrap; 2 - углеродная лента «Калужский завод»; 3 - ламель CarbonWrap



**Рис. 2. Начальное визуальное состояние образцов**  
(слева направо образцы 1, 2, 3)



**Рис. 3. Визуальное состояние образцов после 5 минут воздействия огня**  
(слева направо образцы 1, 2, 3)

**Вывод:**

После проведения эксперимента по воздействию на образцы прямого огня в течение 5 минут получены следующие результаты:

- На первой минуте воздействия у образцов 1 и 2 перегорели продольные нити, разделяющие волокна по направлению, после чего начали сгорать отдельные, отделившиеся волокна, что повлекло за собой уменьшение количества углеродных волокон и потерю массы на 3,75% и 3,4% соответственно первоначальной массы.

- Ламель (образец 3) после воздействия открытого огня на протяжении 5 минут, потеряла свою связность, вследствие выгорания связующего внутри. Потеря массы от первоначальной 13,67%.

Таким образом, можем сделать вывод, что при контакте с прямым огнем как холст, так и ламель, теряет свою структуру – отделившиеся углеродные волокна выгорают. Именно линейная потеря массы от времени горения и говорит нам о том, что через некоторый промежуток времени, данные системы внешнего армирования выгорят полностью, потеряют свою несущую способность. Исследование подтверждает и наглядно демонстрирует необходимость обязательного проведения огнезащитных мероприятий при устройстве систем внешнего армирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2014. 67 с.
2. Вагнер Е.С. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами // Достижения вузовской науки. 2015. № 15. С. 119-123.

УДК 539.4

## **ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ УХОДА ЗА БЕТОНОМ С УСКОРИТЕЛЕМ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ**

**Ю.А. Котов, М.А. Абрамов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние ускоряющей добавки и различных условий твердения на физико-механические характеристики бетона.*

***Ключевые слова:** бетон, ускоряющая добавка, условия твердения*

## **STUDY OF WAYS TO CARE FOR CONCRETE WITH ITS HARDENING ACCELERATOR**

**Yu.A. Kotov, M.A. Abramov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The influence of an accelerating additive and various hardening conditions on the physical and mechanical characteristics of concrete is considered.*

***Keywords:** concrete, accelerating additive, hardening conditions*

Бетон – это искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из минерального или органического вяжущего вещества с водой, мелкого или крупного заполнителей, взятых в определённых пропорциях [1]. Твердение этой смеси можно ускорить и получить бетон, который обладает относительно высокой прочностью в раннем возрасте при соответствующих нормальных условиях, которые обусловлены правильным уходом. Уход является важным аспектом в процессе набора прочности, так как необходимыми условиями для твердения являются присутствие влаги и наличие благоприятной температуры, поэтому необходимо подобрать правильные способы по уходу за бетоном. Способов для ухода большое

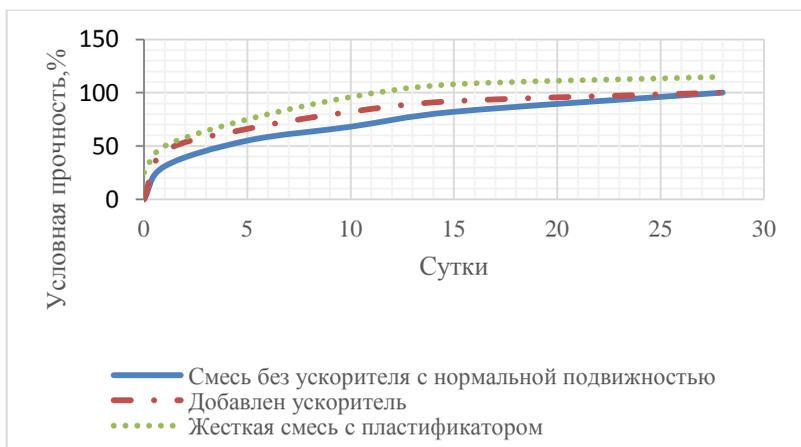
количество и каждый имеет свои плюсы и минусы. Что же касается получения высоких прочностных свойств бетона в раннем возрасте, то это возможно с использованием ускорения твердения с помощью применения быстротвердеющего цемента, жесткой бетонной смеси с низким значением водоцементного отношения за счет добавления суперпластификатора, ускоряющих добавок, применения сухого или мокрого домалывания цемента с добавкой гипса и активации цементного раствора. [1]

В настоящее время на рынке существует множество различных химических добавок-ускорителей, отличающихся по свойствам и стоимости. В нашем исследовании применялась добавка «Реламикс», которая является ускорителем набора прочности и суперпластификатором на основе нафталиносulfатов и органического ускорителя. Производитель добавки выделяет следующие преимущества добавки: увеличение подвижности бетонной смеси с одновременным повышением прочности бетона, снижение количества затворяемой воды на 20% и то, что добавка не содержит хлоридов, следовательно, добавку можно использовать в армируемых конструкциях.

Для исследования влияния добавки и различных условий твердения на физико-механических свойств бетона были изготовлены образцы-балочки размером 40x40x160 мм, которые затем испытывались на прочность при сжатии. На изготовление цементно-песчаного раствора для 3 образцов-балочек требовалось 1400 г песка (59% от общей массы смеси), 700 г цемента (30,35% от общей массы смеси), 7 г ускоряющей добавки «Реламикс» (0,05% от общей массы смеси или 1% от массы цемента) и 249 г воды (10,6% от общей массы смеси).

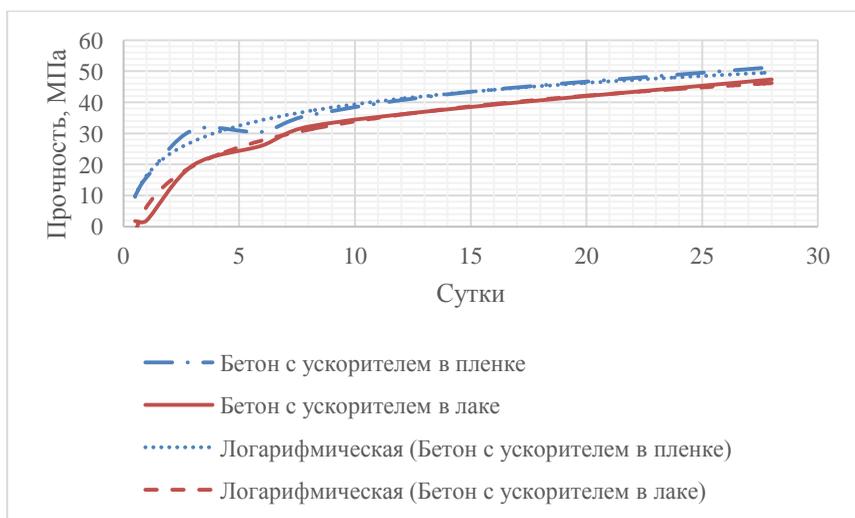
На рис. 1 представлено сравнение динамики набора прочности различных образцов, одним из которых был исследуемый с ускорителем Реламикс на разных сроках твердения. По итогу было выявлено, что бетонная смесь с ускорителем действительно приближает требуемую прочность для распалубливания.

Известно [2], что одним из видов ухода за бетоном является использование мембран, в качестве которой в строительной практике используют полиэтиленовую или стретч-пленку. Она относительно недорогая, сохраняет большую часть влаги, присутствующую в бетонной смеси, и нужна для полной гидратации цемента. Другим технологичным вариантом ухода за бетоном считается нанесение лака (Кьюринга) по бетону, выпускаемого под разными марками. Он также вполне конкурентоспособен по цене и принципу действия – создание паронепроницаемой пленки на поверхности бетона.



**Рис. 1. Диаграмма набора прочности во времени различных составов бетона**

Задачей исследования было проверить применимость известных вариантов ухода за бетоном для образцов с ускорителем твердения. Результаты сравнения представлены на рис. 2. Из графиков видно, что лучше себя показали образцы с ускорителем, твердеющие в пленке.



**Рис. 2. Диаграмма набора прочности на сжатие бетона с ускорителем в пленке в зависимости от его возраста**

Так, на 1 сутки прочность составила 14 МПа, что достаточно для соблюдения требования СП 70.13330.2012, п. 5.4.3 о установке опалубки вышележащих конструкций. Образцы, покрытые лаком, не смогли набрать быстро требуемую прочность, на 1 сутки она составила 2 МПа. Это может быть связано с тем, что поверхность образцов шероховатая и пленка лака не смогла закрыть все дефекты поверхности, через которые удалялась необходимая для твердения бетона вода.

Таким образом, можно сделать вывод, что вполне возможно добиться достижения бетоном требуемой прочности в ранние сроки для распалубливания и опалубливания вышележащих конструкций. Это достигается путем использования ускоряющей добавки и правильного ухода с использованием укрывающей мембраны. Совокупность этих методов позволит технологически ускорить процесс строительства и сдавать объекты в ранние сроки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горчаков Г.И.* Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: учеб. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.
3. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», актуализированная версия СНиП 3.03.01-87. Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. 205 с.

УДК 699.8

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

**А.С. Колдин, М.А. Абрамов**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются дефекты, встречающиеся в зимнем бетонировании. Приведены способы ухода за бетоном при работе в зимнее время и выполнено сравнение этих способов.*

***Ключевые слова:** зимнее бетонирование, технико-экономические показатели, использование добавок в зимнем бетонировании*

## TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF WINTER CONCRETING METHODS

**A.S. Koldin, M.A. Abramov**

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

Yaroslavl State Technical University

*Defects encountered in winter concreting are considered. The ways of caring for concrete when working in winter are given and a comparison of these methods is made.*

***Keywords:** winter concreting, technical and economic indicators, the use of additives in winter concreting*

Особенно важным периодом монолитного строительства является бетонирование в зимнее время. Раннее замораживание бетона может вызвать снижение сцепления арматуры и зерен заполнителя с цементным камнем ввиду образования на поверхности арматуры и заполнителя тонких слоев льда.

В связи с этими факторами может появиться снижение несущей способности и долговечности монолитных конструкций, изготовленных в зимний период при минусовой температуре.



**Рис. 1. Кубик с бетоном:**

1 – кристаллизация воды на поверхности раствора;  
 2 – неувлажненное место в теле бетона; 3 – расслоение

И еще выделяют следующие дефекты при бетонировании в зимнее время:

- участки с оголенной арматурой;
- наплывы;
- трещины;
- полости и пустоты в «теле» бетона, а также в узлах сопряжения конструкций и в зоне холодных швов;
- сколы на поверхности;
- участки с неувлажненным бетоном;
- раковины и каверны;
- нарушение толщины защитного слоя бетона;
- инородные включения;
- участки с расслаивающимся и шелушащимся бетоном;
- участки с замороженным бетоном [2]

Известны методы зимнего бетонирования:

1. Предварительный электронагрев бетонной смеси
2. Выдерживание бетона способом термоса
3. Виды электротермообработки:

1) Электродный прогрев:

- сквозной прогрев;
- периферийный прогрев;
- прогрев с использованием в качестве электродов арматуры.

2) Нагрев бетона в электромагнитном поле (индукционный)

3) Электрообогрев с помощью электронагревательных устройств:

- с помощью высокотемпературных нагревателей инфракрасного излучения;

- с помощью низкотемпературных электронагревателей;
- обогрев в камерах с излучающими поверхностями.

4) Электроразогрев бетона в электромагнитном поле:

- бетон в форме с повторным уплотнение
- смеси в процессе виброформования [1].

4. Использование добавок в зимнем бетонировании: пластификаторы, суперпластификаторы, армирующие добавки (фиброволокно), замедлитель схватывания, ускорители твердения, воздухововлекающие добавки [3].

В таблице 1 приведены основные методы зимнего бетонирования и их сравнение по двум показателям.

**Таблица 1. Техничко-экономические показатели**

Название метода	Затраты труда, чел.-ч	Расход электроэнергии, кВт·ч
Метод «термоса»	0,9	54 (50-80)
Использование противоморозных добавок	0,13	-
Электродный прогрев	3,03	76,5 (80-120)
Электрообогрев греющими проводами	4,07	76 (80-110)
Индукционный обогрев	22,5	263 (120-180)
Инфракрасный обогрев	5,25	228,2 (120-200)

При рассмотрении таблицы мной был сделан вывод, что метод «Термоса» более экономичный по сравнению с другими, так как расход электроэнергии минимален. Но если рассмотреть затраты труда, то видно, что оптимально было бы выбрать использование противоморозных добавок. Рекомендуется использовать два вышеописанных метода одновременно, для лучшего схватывания бетона в холодную погоду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теличенко В.И.* Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. для строит. вузов / В.И. Теличенко, О.М. Тереньтьев, А.А. Лапидус. 3-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2006. 446 с.
2. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Госстрой, 2012.
3. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
4. Руководство по электротермообработке бетона. М.: Стройиздат, 1974. 255 с.
5. Технологическая карта на бетонирование монолитных конструкций с использованием противоморозных добавок. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА  
МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА СВОЙСТВА  
ПРЕССОВАННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Д.А. Измалков, В.Б. Доброхотов**

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проводится анализ механических свойств тонкостенных изделий из мелкозернистой бетонной смеси, в зависимости от её состава и характеристик прессования.*

*Ключевые слова: прессование, армирование, фибробетон*

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FINE-GRAINED  
CONCRETE MIXTURES COMPOSITION ON THE  
PROPERTIES OF PRESSED THIN-WALLED PRODUCTS**

**D.A. Izmalkov, V.B. Dobrokhotov**

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The analysis of the mechanical properties of thin-walled products made of fine-grained concrete mixture, depending on its composition and pressing characteristics, is carried out.*

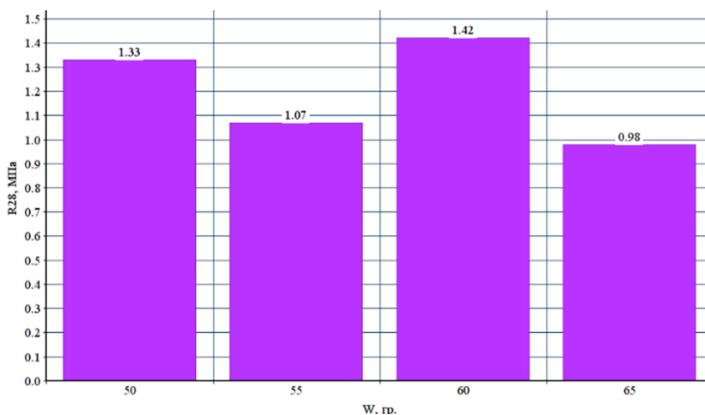
*Keywords: pressing, reinforcement, fiber-reinforced concrete*

Технология изготовления тонкостенных бетонных изделий методом литья или вибролитья не позволяет получить изделия небольшой толщины, обладающие достаточными прочностными характеристиками. В качестве альтернативы возможно применение технологии формования бетонных изделий прессованием, позволяющее снизить водоцементное отношение смеси, и за счет этого увеличить плотность образцов, снизить их водопоглощение и значительно снизить толщину с сохранением такой же прочности.

В процессе выполнения работ были проведены испытания образцов различного состава и с различным усилием прессования.

Для изготовления прессованных листовых фиброцементных изделий следует разработать базовый состав. Для этого необходимо выполнить подбор расхода воды с целью определения оптимального водоцементного отношения.

Сначала был выполнен подбор водоцементного отношения путем изготовления цилиндрических образцов из мелкозернистой смеси с отношением П/Ц=3:1 и с В/Ц от 0,33 до 0,43. Граничные значения В/Ц были определены из условий отсутствия водоотделения при прессовании, а также достаточной прочности сырьевых изделий. Результаты испытаний образцов представлены на диаграмме (рис. 1):

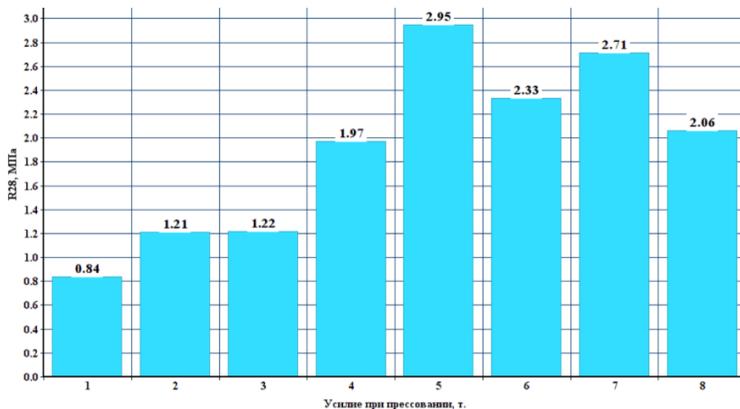


**Рис. 1. Предел прочности на растяжение при раскалывании в зависимости от расхода воды в мелкозернистой смеси**

Затем на таких же по составу образцах (с В/Ц=0,4) выполнялся подбор оптимального усилия прессования (в пределах от 1 т. до 8 т), результаты которого представлены на диаграмме (рис. 2).

После получения необходимых результатов проведен сравнительный анализ, показавший, что наилучшими комплексом прочностных показателей характеризуются образцы, с В/Ц=0,4 полученные при прессовании мелкозернистой смеси на гидравлическом прессе с усилием прессования около 25 МПа.

Также была выполнена серия испытаний образцов с введением в состав мелкозернистой смеси комплексной пластифицирующей добавки «BASF REABILIT 141A» в количестве 1...2% от массы цемента. Однако при этом было установлено, что применение пластификатора приводит к существенному уменьшению прочности образцов.



**Рис. 2. Усредненные результаты испытаний серий образцов на растяжение при раскалывании**

Ранее было показано, что применение такого пластификатора может существенно улучшить реологические характеристики мелкозернистой бетонной смеси, однако, вероятно, такой эффект достигается только для высокоподвижных или литых смесей. В связи с этим был сделан вывод о том, что применение пластифицирующей добавки возможно только с целью предварительной обработки фибры (в том числе из углеродного волокна), которой могут быть модифицированы изделия. Это позволит значительно повысить прочность изделий при изгибе и растяжении, сдержит возможное расслоение и образование микротрещин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измалков Д.А. Влияние добавок фибры из углеродного волокна на характеристики мелкозернистого бетона / Д.А. Измалков, В.Б. Доброхотов // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ 2021. С. 544-547.
2. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2018.
3. Фибра углеволоконная (углеволокно). URL: <http://europolimers.ru/fibra-uglevolokonnaya-uglevolokno>
4. СП 297.1325800.2017 Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования. М.: Стандартинформ, 2017.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦВЕТНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА  
ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИЙ  
ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**А.А. Журавлёв, В.Б. Доброхотов**

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность применения цветного асфальтобетона для благоустройства территорий общественных зданий.*

*Ключевые слова:* цветной асфальтобетон, благоустройство, безопасность

**APPLICATION OF COLORED ASPHALT CONCRETE  
FOR IMPROVEMENT OF TERRITORIES  
OF PUBLIC BUILDINGS**

**A.A. Zhuravlev, V.B. Dobrokhoto**

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhoto**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility of using colored asphalt concrete for the improvement of the territories of public buildings is being considered.*

*Keywords:* colored asphalt concrete landscaping, security

Благоустройство территории – это комплекс мероприятий по инженерной подготовке к озеленению, устройству покрытий, освещению, размещению малых архитектурных форм и объектов монументального искусства, направленных на улучшение функционального, санитарного, экологического и эстетического состояния участка.

К объектам благоустройства относятся:

- детские площадки, спортивные и другие площадки отдыха и досуга;
- площадки для выгула и дрессировки собак;

- площадки автостоянок;
- улицы (в том числе пешеходные) и дороги;
- парки, скверы, иные зеленые зоны;
- площади, набережные, территории общественных зданий и другие территории;
- технические зоны транспортных, инженерных коммуникаций, водоохраные зоны;
- контейнерные площадки и площадки для складирования отдельных групп коммунальных отходов [1].

Одним из материалов, применяемых для благоустройства территорий является цветной асфальтобетон.

Цветной асфальтобетон – искусственный материал композитного состава, получаемый смешением минеральных наполнителей (щебень или гравий, песок и минеральный порошок), органического вяжущего вещества (тёмного, светлого, бесцветного) и окрашивающей составляющей (пигмента) [2].

Цветной асфальтобетон обладает характеристиками обычного асфальтобетона, что позволяет использовать его повсеместно: как на загородных участках, так и при асфальтировании автомагистралей и аэродромов.

Достоинства покрытий из цветного асфальтобетона:

- 1) высокая несущая способность;
- 2) высокие упругие свойства;
- 3) ровность покрытий;
- 4) полная механизация всех операций;
- 5) простота ухода и ремонта;
- 6) красивый внешний вид и эстетичность;
- 7) повышение безопасности движения.

Недостатки:

- 1) зависимость свойств от температуры;
- 2) недостаточная долговечность;
- 3) высокая стоимость [3].

Повышение безопасности на территории общественных зданий и за ее границами является одной из главных и актуальных задач благоустройства территорий на сегодняшний день, так как очень велика смертность пешеходов. Повышения безопасности можно добиться за счет применения цветного асфальтобетона.

В таблице 1 приведена статистика дорожных аварий с участием пешеходов по данные Госавтоинспекции за 2020 год.

**Таблица 1. Статистика ДТП с участием пешеходов**

Описание происшествия	Всего за 12 месяцев 2020 года	Ранено	Смертельные случаи
Наезд на человека	52 018	49 040	5 806
ДТП на пешеходном пе- реходе	18 498	17 382	1 114
Происшествия, которые произошли по вине води- телей	29 933	29 275	2 393
Происшествия, виновни- ком в которых являются пешеходы	21 747	18 342	3 942

Цветное асфальтобетонное покрытие является одним из средств организации дорожного движения, которое позволяет как водителям, так и пешеходам легче и быстрее ориентироваться в сложных условиях интенсивного транспортного движения.

Включение в обычное дорожное покрытие цветных асфальтобетонных вставок повышает различимость объектов на дороге, увеличивает дальность видимости, способствуя более раннему и лучшему восприятию водителем различных удаленных объектов на дороге.

В Китае цветной асфальтобетон применяется для пешеходных переходов на улицах городов, а также для разделительных полос по оси улиц в виде сплошных или пунктирных линий. Такие разделительные полосы устраивают для обозначения полос, специально выделенных для автобусного, троллейбусного или велосипедного движения [4].

В России цветное асфальтирование большой популярности пока не приобрело. Не последнюю роль в сдерживании распространения цветных асфальтобетонов является их дороговизна. Так, стоимость асфальтирования с применением качественного цветного асфальта может быть в 4 и более раза выше стоимости работ по асфальтированию с использованием обычной асфальтобетонной смеси [5].

В связи с этим, также актуальна проблема поиска способов и материалов для получения более дешевой цветной асфальтобетонной смеси.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что относится к объектам благоустройства? URL: <https://www.audapress.ru/obekty-blagoustroistva> (дата обращения 02.03.2022).

2. Цветной асфальт – материал для строительства дорог. URL: <https://betonov.com/vidy-betona/dlya-dorog/cvetnoj-asfalt.html> (дата обращения 02.03.2022)
3. Цветной асфальт / всё об асфальтировании и дорожном строительстве. Асфальтирование в Киеве. URL: <http://www.unidorstroy.kiev.ua/wiki-asphalting/colored-asphalt.html> (дата обращения 02.03.2022)
4. Цветной асфальт: состав, создание, использование. URL: <https://gazobetonfortit.ru/vidy-betona/czvetnoj-asfaltsostav-sozdanie-ispolzovanie> (дата обращения 02.03.2022).
5. Асфальтирование дворовых территорий. URL: <https://альфа-асфальтирование.рф/services/ukladka-asfalta/asfaltirovanie-dvorov/> (дата обращения 02.03.2022).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**М.В. Гнездов, В.Б. Доброхотов**

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность применения отходов металлургических производств в строительной отрасли.*

**Ключевые слова:** черная металлургия, цветная металлургия, шламы

## **APPLICATION OF METALLURGICAL WASTE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

**M.V. Gnezdov, V.B. Dobrokhotov**

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility of using waste from metallurgical production in the construction industry is considered.*

**Keywords:** ferrous metallurgy, non-ferrous metallurgy, sludge

Актуальность и необходимость расширения утилизации отходов производства с каждым годом возрастают вследствие истощения запасов богатых руд, сложившейся структуры их добычи, увеличения потребности в строительных материалах и обострения проблемы хранения отходов. Главное направление снижения объема отходов производства – их утилизация в различных отраслях народного хозяйства и, особенно, в строительной индустрии [1].

Минерально-сырьевые отходы находят широкое применение в производстве строительных материалов. Так, например, широкое применение имеют отходы предприятий черной металлургии. В их число входят доменные шлаки, выход которых на отечественных металлургических заводах составляет примерно 0,5-0,6 т на 1 т чугуна. При переработ-

ке доменных шлаков получают гранулированный шлак для производства цемента, производства местных и шлакощелочных вяжущих заполнителей бетонов [1].

Применение этих материалов в строительстве позволяет экономить первичные минеральные ресурсы (песок, известь, глину, щебень), цемент и топливо. Использование гранулированных шлаков в качестве заполнителей бетона дает значительную экономию. Применение шлакового щебня и песка для строительных целей позволяет получить не только экономическую выгоду, но и также исключить использование при производстве естественных заполнителей.

Основным потребителем шлаков является цементная промышленность, использующая до 75% их объема для производства гидравлических добавок производства портландцементов, шлакопортландцементов, шлакощелочных цементов высоких классов. Немало цементных заводов расположены в непосредственной близости металлургических заводов. Это позволяет эффективно использовать шлаки для производства высококачественных цементов [2].

Также широкое применение имеют отходы предприятий цветной металлургии. Из минерально-сырьевых отходов цветной металлургии некоторое применение получили шлаки и шламы. Исследования физико-химических, физико-механических и технологических свойств шлаков, образующихся на горно-металлургических комбинатах вследствие переработки руд цветных металлов, показали, что для производства строительных материалов пригодны шлаки, полученные при переработке медных никелевых руд, которые по прочностным характеристикам, теплофизическим свойствам, износостойкости, кислотостойкости, как правило, значительно превосходят аналогичные показатели доменных шлаков [3].

Переработка шлаков руд цветных металлов на песок и щебень после извлечения ценных металлов — наиболее перспективный и экономически выверенный путь решения проблемы их утилизации.

Однако в настоящее время доля переработки шлаков на предприятиях цветной металлургии остается на низком уровне. Большую их часть сливают или вывозят в отвалы. В натуральном виде эти гранулированные шлаки могут быть использованы в качестве мелкого заполнителя в бетонах. В то же время проблема использования шлаков предприятий цветной металлургии, которых накопились сотни миллионов тонн, остается актуальной как с позиции комплексного использования минерального сырья, снижения себестоимости конечного продукта, так и с позиции охраны окружающей среды.

Перспективны для утилизации шлаки, получаемые при выплавке никеля. Они пригодны для переработки в строительный песок, дефицит которого непрерывно возрастает.

К настоящему времени разработана технология переработки гранулированных шлаков в качественный мелкий заполнитель. Тяжелые бетоны с заполнителем на шлаковом песке по расходу цемента, прочностным и деформативным характеристикам, морозостойкости соответствуют нормативным требованиям и не уступают бетонам, произведенным на основе природного стандартного песка [4].

В результате совместного помола нефелинового шлама с портландцементным клинкером и гипсом получают высококачественные цементы самых разнообразных классов, отвечающие требованиям государственного стандарта и техническим условиям.

Красные бокситовые шламы, образующиеся при производстве алюминия, могут использоваться в цементном производстве, при производстве шлакокаменного сырья, шлакошебня, шлакоситаллов, различных составов местных вяжущих, для закладки горных выработок, устройства дорожных покрытий и т. д.

С 90-х годов XX века прослеживались два основных направления переработки красных бокситовых шламов:

- 1) комплексная переработка шламов с последовательным получением ряда ценных продуктов (чугуна, глинозема, цемента и др.);
- 2) непосредственное использование шлама в качестве добавки при производстве различных видов строительных материалов, например цемента [4].

Утилизация красных бокситовых шламов связана с небольшим объемом капитальных вложений в специализированные производства. Исследования показали, что красный бокситовый шлам глиноземного производства является сырьем для промышленности строительных материалов, позволяющим интенсифицировать процесс производства портландцементного клинкера.

Таким образом, можно заключить, что использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной отрасли является перспективным направлением, поскольку при его развитии представляется возможным снижением напряженности во многих сферах народного хозяйства.

Вместе с тем проведенный выше анализ охватывает в основном крупнотоннажные шламовые и шлаковые отходы металлургических предприятий. Но кроме этого на предприятиях металлургического и металлообрабатывающего профиля могут скапливаться, хотя и в меньших объемах пылевидные отходы из систем пылеудаления. Они могут быть непосредственно использованы, например, для целей модификации асфальтобетонных смесей. Однако особенностью таких продуктов является то, что в них может содержаться существенная доля металлической пыли, в том числе содержащей ценные цветные металлы. Следовательно, при

использовании таких отходов возникает необходимость в разработке комплексной безотходной технологии с извлечением рециклируемых металлических компонентов и с полной утилизацией остаточных продуктов в производстве стройматериалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобович Б.Б.* Переработка отходов производства и потребления / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. «Интернет инжиниринг», 2000. 496 с.
2. *Болдырев А.С.* Использование отходов в промышленности строительных материалов / А.С. Болдырев, А.Н. Люсов, Ю.А. Алехин. М.: Знание, 1984. 64 с.
3. *Маннанова Г.В.* Техника и технология утилизации твердых отходов / Г.В. Маннанова. М.: Знание, 2007. 24 с.
4. Использование отходов металлургических предприятий в строительной индустрии URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/90/5668/> (дата обращения 01.03.2022).

## **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ ЗДАНИЯ С МОНОЛИТНЫМ КАРКАСОМ**

**А.С. Гордиенко, Г.Н. Голубь**

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются способы защиты здания от прогрессирующего обрушения в результате аварийного воздействия*

***Ключевые слова:** прогрессирующее обрушение, аварийное воздействие, несущая способность, защита зданий и сооружений*

## **CALCULATION AND DESIGN OF PROTECTION AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE OF A BUILDING WITH A MON- OLITHIC FRAME**

**A.S. Gordienko, G.N. Golub**

Scientific Supervisor – **G.N. Golub**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The ways of protecting the building from progressive collapse as a result of emergency impact are considered.*

***Keywords:** progressive collapse, emergency impact, load bearing capacity, protection of buildings and structures*

Прогрессирующее обрушение здания представляет собой последовательное разрушение несущих конструкций, приводящее к обрушению всего здания вследствие начального локального разрушения.

Прогрессирующее обрушение может быть вызвано множеством различных воздействий, такими как: взрывы, удары транспортных средств, землетрясения, человеческие ошибки на этапе проектирования или строительства и т. д. В данной статье будет рассмотрен вариант за-

щиты от прогрессирующего обрушения в результате аварийной посадки вертолета экстренной медицинской помощи на покрытие здания больницы.

Для моделирования поведения конструкций здания в случае аварийного воздействия, вызвавшего локальные разрушения отдельных несущих элементов, была создана расчетная модель в ПК ЛИРА-САПР 2020. При создании модели были учтены все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению здания, а также климатические нагрузки. Расчетная модель отражает действительные условия работы здания, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации.

Для зданий, покрытия которых предназначены для посадочных площадок вертолетов, следует принимать в расчет силу аварийной посадки.

Согласно ф. 4.3 EN 1991-1-7, вертикальная эквивалентная статическая расчетная сила определяется по формуле

$$F_d = C \cdot \sqrt{m}, \quad (1)$$

где  $C = 3$  кНкг<sup>-0,5</sup>,  $m$  – масса вертолета, кг.

Для аварийной посадки используется вертолет «Ансат» массой 3,3 т. Рассматривается вариант, когда вертолет загружен. Грузоподъемность вертолета «Ансат» 1235 кг. Тогда масса загруженного вертолета составляет 4,5 т. Размер посадочной площадки вертолета составляет 20x20 м, площадка расположена на покрытии здания в осях 4-7 / А-Е.

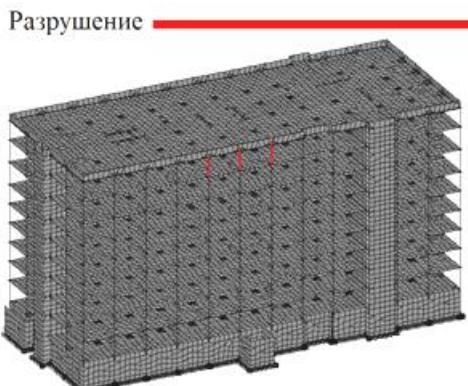
$$F_d = 3 \cdot \sqrt{4535} = 202 \text{ кН}. \quad (2)$$

Сила удара рассматривается как действующая на любую часть посадочной площадки, а также на конструкцию покрытия в пределах максимального расстояния 7 м от края посадочной площадки. Область удара принимается 2x2 м.

$$q = \frac{F_d}{2 \cdot 2} = \frac{20,2}{2 \cdot 2} = 5,1 \text{ т/м}^2. \quad (3)$$

В результате удара вертолета о покрытие разрушилась плита покрытия и крайние колонны.

В результате удара вертолета о покрытие разрушилась плита покрытия и крайние колонны. Картина разрушения представлена на рис. 1.

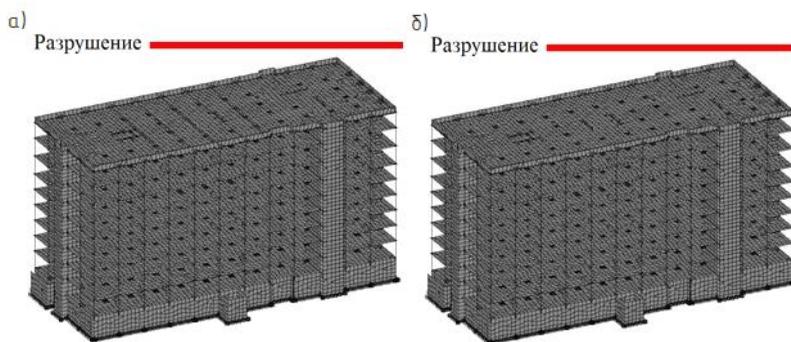


**Рис. 1. Картина разрушения в результате удара вертолета**

Для защиты здания от прогрессирующего обрушения в случае удара вертолета о покрытие необходимо повысить жесткость диска перекрытия.

Для этого в первом варианте вводятся дополнительные балки в поперечном направлении и по периметру плиты. Картина разрушения представлена на рис. 2.

После введения дополнительных балок разрушения несущих конструкций здания не произошло. Конструкция балок представлена на рис. 3.



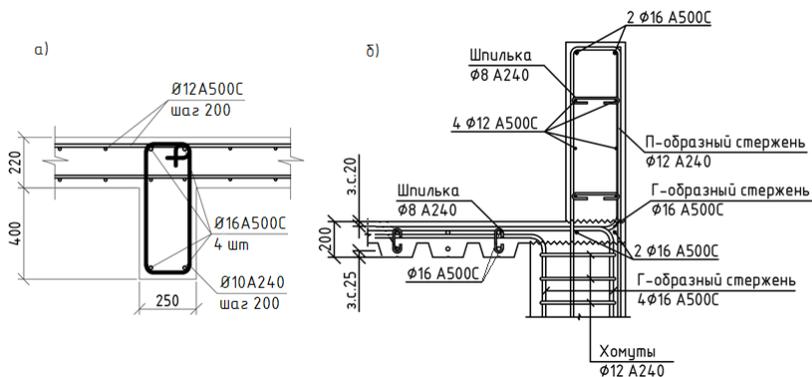
**Рис. 2. Картина разрушения:**

- а) после введения дополнительных балок;
- б) после введения сталежелезобетонного перекрытия

Другой вариант повышения жесткости диска перекрытия – введение сталежелезобетонного перекрытия. Для профилированного на-

стила принимается марка Н80А-674-1,0. Картина разрушения приведена на рис. 2.

В результате аварийной посадки вертолета, после введения сталежелезобетонного перекрытия, разрушения несущих конструкций здания не произошло. Конструкция сталежелезобетонного перекрытия представлена на рис. 3.



**Рис. 3:** а) конструкция балок покрытия;  
б) конструкция сталежелезобетонного перекрытия

Таким образом, для обеспечения защиты данного здания от прогрессирующего обрушения в результате аварийной посадки вертолета экстренной медицинской помощи может быть использован любой из приведенных способов. При равной эффективности, возведение балок является более экономичным способом по металлоемкости по сравнению с введением сталежелезобетонного перекрытия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2018.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. М.: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (переиздание). М.: Стандартинформ, 2019.
4. СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия (с изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2017.
5. ТКП ЕН 1991-1-7-2009 Воздействия на конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Минск, 2010.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТРЕЩИН МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**П.П. Буралков, Д.С. Дехтерев**

Научный руководитель – **Д.С. Дехтерев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Одним из направлений повышения надежности зданий и сооружений является совершенствование методики обследования их инженерно-технического состояния. Применение нейронных сетей позволяет значительно повысить эффективность проведения визуального обследования за счет способности искусственного интеллекта к анализу видимых дефектов и поврежденных конструкций. В настоящей работе выполнено исследование модели сверточной нейронной сети, созданной в API Google Cloud Vision. Обучение и тестирование нейронной сети проведено на дефектах строящегося административного здания по изображениям, полученным в процессе фотофиксации. По результатам исследования обученная нейронная сеть определила с высокой точностью трещины в монолитных железобетонных конструкциях шириной раскрытия более 1 мм, хотя ранее с ними не работала.*

***Ключевые слова:** · обследование технического состояния · дефекты и повреждения · нейронная сеть · машинное обучение · распознавание образов*

## **APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN PROBLEMS OF DIAGNOSING CRACKS IN MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

**P.P. Buralkov, D.S. Dekhterev**

Scientific Supervisor – **D.S. Dekhterev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*One of the ways to improve the reliability of buildings and structures is to improve the methodology for examining their engineering and technical condition. The use of neural networks can significantly increase the efficiency of visual inspection due*

to the ability of artificial intelligence to analyze visible defects and damage to structures. In this work, we studied a convolutional neural network model created in the Google Cloud Vision API. Training and testing of the neural network was carried out on the defects of the administrative building under construction according to the images obtained in the process of photographic fixation. According to the results of the study, the trained neural network determined with high accuracy cracks in monolithic reinforced concrete structures with an opening width of more than 1 mm, although it had not previously worked with them.

**Keywords:** technical condition survey, defects and damage, neural network, machine learning, pattern recognition

Степень безопасности зданий сооружений определяется их техническим состоянием. Для обеспечения безопасной эксплуатации сооружения необходимо, чтобы в его конструкциях отсутствовали дефекты, влияющие на несущую способность. Наличие видимых дефектов определяют в ходе визуального обследования конструкций (рис. 1). Одним из основных материалов для выполнения несущих конструкций является железобетон. Согласно нормативной документации, в железобетонных конструкциях не допускается наличие участков неуплотненного бетона, пятен ржавчины, обнажения арматуры, раковин, сколов бетона ребер, а также трещин с шириной раскрытия более 0,1 мм для конструкций без защиты от атмосферных осадков.



а)

б)

**Рис. 1. Видимые дефекты конструкций из железобетона:**

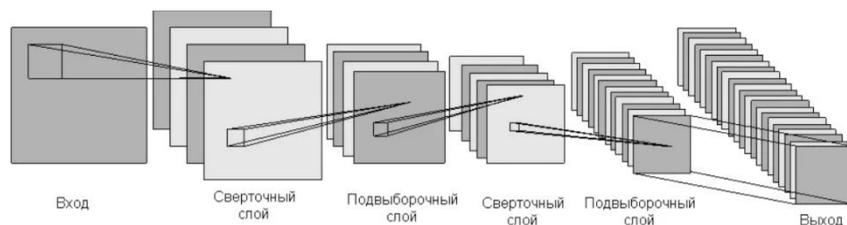
а) – трещины в бетоне с шириной раскрытия больше 0,1 мм;

б) – разрушение защитного слоя бетона, оголение и коррозия арматуры

Современные исследования показывают, что в настоящее время ИНС вызывают все больший интерес при оценке повреждений бетона, так как они подходят для классификации и анализа его формы и текстуры. В работах [1] рассматривалось использование локально-ориентированной CNN для обнаружения дефектов, вызываемых отслаиванием бетона. Усовершенствованная версия глубокой сверточной нейронной сети применялась для обнаружения трещин в бетоне [2], производившая свои прогнозы на основе изображений. Подобный подход также был рассмотрен в других исследованиях [3, 4] для обследования строительных конструкций, выполненных из различных материалов. В работе [5] предлагалось применение системы на основе автоэнкодера для обнаружения повреждений конструкций.

При визуальном обследовании процесс фотофиксации и описания обнаруженных дефектов обычно выполняется вручную работниками обследовательской организации. В ходе его выполнения необходимо исследовать большое количество изображений, на которых необходимо указать наличие дефекта и его тип (трещины, сколы, коррозия и т.д.). Технология нейронных сетей зарекомендовала себя крайне эффективной при определении наличия на изображении отличительных свойств.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, включающая свое аппаратное и программное воплощение, построенная по принципу функционирования сетей нервных клеток живого организма. По своей структуре ИНС является системой простых процессоров, которые соединены друг с другом. Каждый процессор выступает в качестве искусственного нейрона и реагирует на сигналы, которые он периодически получает и посылает, взаимодействуя с другими процессорами. Объединенные в большую сеть с управляемым взаимодействием, такие искусственные нейроны способны выполнять довольно сложные задачи.



**Рис. 2. Схема работы сверточной нейронной сети**

Главной особенностью сверточных нейронных сетей является возможность обучения. В процессе обучения сеть в определённом порядке просматривает обучающую выборку. Некоторые сети просматривают

выборку только один раз, другие просматривают выборку множество раз, при этом один полный проход по выборке называется эпохой обучения. С технической точки зрения обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. Значения коэффициентов определяются функцией активации нейрона, которая определяет выходное значение на основании взвешенной суммы входов. Таким образом, в результате успешного обучения ИНС сможет выдавать верный прогноз на основании данных, которые отсутствовали в обучающем наборе образов, а также частично искаженных или неполных данных.

Для исследования работы нейронной сети был выбран сервис Google Cloud Vision, имеющий гибкие инструменты настройки и широкий выбор предобученных нейронных сетей. Применение предобучения сети и возможность использования удаленных серверов позволило существенно сократить время последующего обучения на реальных дефектах. Обучение нейронной сети проводилось на изображениях дефектов, полученных в процессе фотофиксации при обследовании инженерно-технического состояния строящегося административного здания из монолитного железобетона. Обучение нейронной сети проводилось на фотографиях трещин в монолитном железобетоне шириной раскрытия более 1 мм. Общее число фотографий 382 единицы, из которых на 202 фото выявлены трещины, на остальных дефектов не обнаружено. По результатам исследования обученная нейронная сеть на 42 тестовых фотографиях показала правильный прогноз наличия дефектов на 41 фото, что свидетельствует о 98% точности прогноза.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности применения нейронной сети для выявления дефектов несущих конструкций из различных материалов, в частности железобетона. Такая модель сможет сигнализировать о наличии дефекта на изображении конструкции с высокой вероятностью, что позволит значительно ускорить процесс обследования. Высокая скорость обработки данных позволяет использовать для обработки не только отдельно сделанные фото, но и разбитые на кадры видео, что существенно снижает трудозатраты при обследовании и способствует повышению надежности зданий и сооружений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deep learning in the construction industry: a review of present status and future innovations / Taofeek D. Akinosho, Lukumon O. Oyedele, Muhammad Bilal, Anuoluwapo O. Ajayi, Manuel Davila Delgado, Olugbenga O. Akinade, Ashraf A. Ahmed // *Journal of Building Engineering*. 2020. N 32. P. 101827. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101827>.

2. An Introductory Review of Deep Learning for Prediction Models With Big Data / Frank Emmert-Streib, Zhen Yang, Han Feng, Shailesh Tripathi and Matthias Dehmer // *Front. Artif. Intell.* 2020. URL: <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00004>.
3. A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure / C. Koch, K. Georgieva, V. Kasireddy, B. Akinci, P. Fieguth // *Adv. Eng. Inf.* 2015. N 29(2). P. 196–210. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034615000208>.
4. Improving accuracy of rutting prediction for mechanisticempirical pavement design guide with deep neural networks / H. Gong, Y. Sun, Z. Mei, B. Huang // *Construct. Build. Mater.* 2018. N 190. P. 710–718. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061818322669>.
5. Deep convolutional neural networks with transfer learning for computer vision-based data-driven pavement distress detection / S. Khaitan, K. Gopalakrishnan, A. Choudhary, A. Agrawal // *Construct. Build. Mater.* 2017. N 157. P. 322–330.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ

**А.Д. Орлова, А.Л. Балушкин**

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматриваются различные технологии берегоукрепления их основные достоинства и недостатки, а также приводятся исследования различных авторов по данной теме.*

***Ключевые слова:** берегоукрепление, шпунт, габион, шпунт Ларсена, композитные материалы, железобетон, река*

## MODERN TECHNOLOGIS OF SHORE PROTECTION

**A.D. Orlova, A.L. Balushkin**

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

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses various shore protection technologies, their main advantages and disadvantages, and also provides research by various authors on this topic.*

***Keywords:** shore protection, sheet pile, gabion, larsen sheet pile, composite materials, reinforced concrete, river*

**Актуальность.** Разработка и использования новых технологий и материалов для проведения работ по берегоукреплению в настоящее время весьма актуальна. Поскольку вода обладает большой разрушительной силой она может нанести непоправимый ущерб объектам капитального строительства, в том числе памятникам культурного наследия, расположенным в прибрежной части застройки населенного пункта. Для предотвращения подобных проблем необходимо проводить профилактические мероприятия и укрепительные работы, чтобы приостановить разрушения в прибрежной зоне. Далее будут рассмотрены некоторые варианты укрепления, позволяющие сохранить береговую линию на расчетный срок службы.

Вертикальная стенка из железобетонного шпунта (рис. 1). Конструкция представляет собой вертикальную шпунтовую стенку с анкерами или без них. Для предотвращения размыва грунта у основания шпунта со стороны акватории чаще всего устраивается упорная призма из камня. Недостатками данной конструкции является сравнительно высокая стоимость, материалоемкость и трудоемкость, а как правило, сложности при производстве работ. Достоинства данного конструктивного решения: долговечность, минимальные ремонтные затраты, эстетичный вид для застройки набережной. Кроме того, применение данной конструкции обуславливает приращение полезной земельной площади [1].



**Рис. 1. Укрепление берега с помощью железобетонного шпунта**

Вертикальная стенка из металлического шпунта Ларсен V. Конструкция представляет собой вертикальную шпунтовую стенку из металлического шпунта Ларсен V с анкерами или без них. Для анкерования применяются анкерные тяги из круглой стали, работающие совместно с анкерной плитой. Недостатками этой конструкции являются повышенные эксплуатационные затраты, состоящие из работ по защите металла от коррозии, сравнительная недолговечность, высокая стоимость, большая подверженность коррозии при несвоевременном обслуживании сооружения. Достоинства: сравнительно несложное производство работ по забивке шпунта, применение данной конструкции обуславливает увеличение полезной земельной площади так же, как и при применении железобетонного шпунта [1].

Еще один из способов берегоукрепления – сборными железобетонными плитами (рис. 2). Этот метод представляет собой устройство нижнего упора из железобетонного шпунта и монолитного бетона. Крепление откоса осуществляется сборным железобетонным плитам, укладываемыми на сборные железобетонные балки. Основание обычно устраивается из гравийно-песчаной смеси, перекрытой обратным фильтром.

Недостаток конструкции: сложность производства работ по устройству нижнего упора. В связи с густонаселенностью примыкающих жилых районов существует повышенная опасность – нанос тины, илистых частиц на откос, так как уровни рек меняются достаточно часто. Площадь земли, занимаемая откосом, изымается из полезного оборота. Достоинства: сравнительная экономия капитальных вложений и материальных ресурсов [1].



**Рис. 2. Укрепление берега сборными железобетонными плитами**

Еще один вид берегоукрепления – крепление откоса габионными конструкциями с упорной стенкой. Этот способ представляет собой ступенчатую пирамиду из габионов с устройством нижнего упора из железобетонного шпунта. Недостатком конструкции является повышенная сложность производства работ в нижней части сооружения. Работы необходимо производить или под защитой перемычки или при малых попусках воды реки. Конструкция имеет ограниченную долговечность. Вследствие регулярного изменения уровня воды в реках будет постоянное отложение мусора и наносов. Достоинство: сравнительная экономия капитальных вложений и материальных ресурсов [1].

Проблема устройства берегоукреплений рассматривается в специальной литературе различными авторами на протяжении уже многого времени. Так, например, в работе [2] представлены технико-экономические особенности исследования технологий берегоукрепления и благоустройства набережных реки Волги с помощью свай-оболочек, каменной наброски и шпунтовых ограждений. Также представлена запроектированная конструкция береговой одежды с использованием железобетонных упоров, матрасов Рено и корчбчатых габионы (рис. 3).



**Рис. 3. Укрепление берега матрасами Рено и коробчатыми габионами**

Также в работе [2] отмечалось, что устройство гидротехнического сооружения, особенно каменной наброски, сопровождалось значительным увеличением расхода использованного щебня по сравнению с запланированным в проекте.

В работе [3] предложен способ берегоукрепления, который реализуем даже в районах Крайнего Севера. Данный способ характеризуется следующим образом. Срезается верхний слой покровных отложений, перемешивается их в смесителе с «тяжелой» нефтью, и осуществляют нагрев. Смесь укладывают обратно на поверхность отложений и уплотняют для получения слоя. При этом в смеси происходит необратимый процесс отверждения. Защитный слой дополнительно крепят к подстилающим грунтам анкерами. На поверхности слоя возводят снегозадерживающие обваловки. Полые анкера для крепления слоя к подстилающим грунтам изготавливают из отверждаемой смеси пылеватых грунтов и «тяжелой» нефти. В полости анкеров размещают приемлемые для рекультивации вещества (донный ил, верховой торф, сфагнум), семена многолетних трав или саженцы растений. Снегозадерживающие обваловки размещают по периметру каждого из рекультивируемых участков и возводят их из термоокисленного грунта [3].

В научной работе [4] авторы провели статические расчеты сравнения двух вариантов берегоукрепления с помощью шпунтов одного дизайна, но из разных материалов. Первый вариант предполагает строительство берегоукрепительной шпунтовой стены из металлического шпунта Ларсена 4, второй – шпунтовой стены из композитного шпунта ШК-150. Оба варианта показали хорошие результаты по прочности и ста-

бильности. Оба типа могут быть использованы для реконструкции защитных береговых строений, но для композитного шпунта необходима система якорного устройства, в отличие от металла, из-за более низких показателей жесткости.

Выводы:

1. Выбор способа укрепления береговой линии должен быть обусловлен экономическими характеристиками и характеристиками эффективности эксплуатации сооружения.
2. При выборе конструкции берегового сооружения следует учесть сырьевую и материальную базу в регионе где предполагается производить берегоукрепительные работы.
3. При выборе способа берегоукрепления, нужно учитывать потенциальную опасность водного объекта для близлежащих зданий и рядом живущих людей.
4. Особое внимание следует уделить последующему ремонту берегоукрепительных сооружений и рассчитать, затраты на их обслуживание. Оценить смогут ли муниципалитет или эксплуатирующая организация должным образом поддерживать удовлетворительное состояние сооружения на протяжении всего периода эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прокопов А.Ю.* Выбор и обоснование методов берегоукрепления / А.Ю. Прокопов, В.А. Лебидко // Известия РГСУ. 2015. № 19. С. 41-48.
2. *Купчикова Н.В.* Техничко-экономические особенности берегоукрепления набережной р. Волги сваямиболочками, каменной наброской и строительства на намывных грунтах вдоль береговой зоны // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2014. № 1(7). С. 88-94.
3. *Губайдуллин М.Г.* Способ укрепления морского берега при эксплуатации нефтегазовых объектов на Крайнем Севере / М.Г. Губайдуллин, А.В. Конюхов, В.В. Амбаров // Нефтепромысловое дело. 2013. № 4. С. 45-47.
4. *Кокорева К.А.* Шпунты из ультракомпозитных материалов в гидротехническом строительстве / К.А. Кокорева, Н.Д. Беляев, А.И. Ялышев // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4. С. 163-172.

## **РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**А.А. Петренко, М.А. Назенцев, Д.Д. Хабитов, А.И. Петров**

Научный руководитель – **А.И. Петров**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Разработаны принципиальные варианты совершенствования существующих промышленных комплексов и принципов проектирования новых объектов промышленного строительства.*

***Ключевые слова:** фукус, бурые водоросли, промышленная экология, проектирование, моделирование, углеродная нейтральность*

## **DEVELOPMENT OF APPROACH TO DESIGN OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY INDUSTRIAL COMPLEXES**

**A.A. Petrenko, M.A. Nazentsev, D.D. Khabitov, A.I. Petrov**

Scientific Supervisor – **A.I. Petrov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*Fundamental options for improving existing industrial complexes and principles for designing new industrial construction facilities have been developed.*

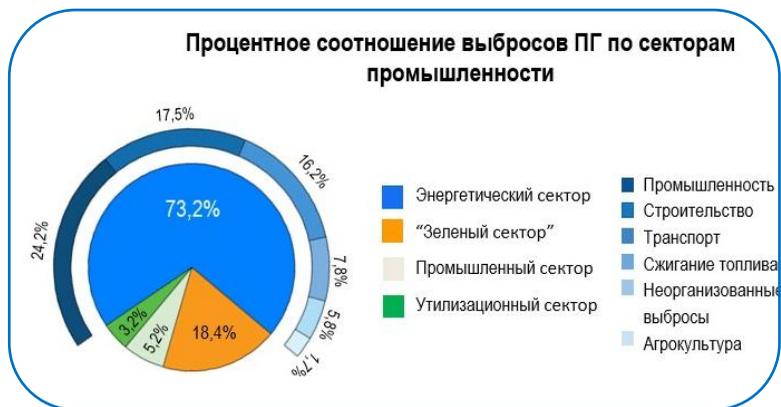
***Keywords:** fucus algae, brown algae, industrial ecology, design, modeling, carbon neutrality*

На сегодняшний день мировая тенденция направлена на снижение выбросов парниковых газов, это обуславливается тем, что общая доля выбросов парниковых газов превышает норму на 1,1%, при этом примерно четверть выбросов приходится на промышленность.

Актуальность проблемы подтверждается введением пограничного углеродного налога, вступающего в силу в 2023 году, подписанного в поддержку углеродной нейтральности. Цель концепта углеродного нуля – сокращение выбросов и поглощение CO<sub>2</sub> с помощью проектов, которые необходимо создавать и реализовывать на всех производствах. Налог

представляет собой пошлину, которая будет взиматься с товаров, импортируемых в страны Европейского союза, в зависимости от количества парниковых газов, выброшенных в процессе производства [1].

Вторым по объёму выбросов на данный момент считается  $\text{CO}_2$ , для которого существует много различных методов по утилизации, улавливанию и хранению, снижению уровня выбросов, однако далеко не все из них являются универсальными для абсолютно каждого промышленного предприятия.



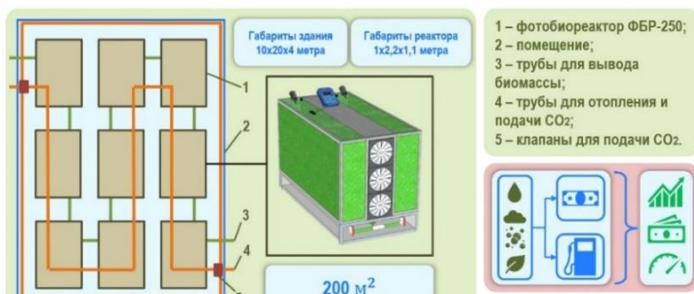
**Рис. 1. Распределение выбросов парниковых газов по отраслям промышленности на момент 2020 года**

Исследование современных методов по борьбе с выбросом  $\text{CO}_2$  показывает, что перспективным вариантом решения данной проблемы является переход к новой экологической строительной политике: заложение на этапе проектирования функции утилизации, улавливания, хранения и переработки парникового газа. Данный подход к производству позволит возводить экологически чистые, безотходные производства, освобождённые от уплаты углеродного налога.

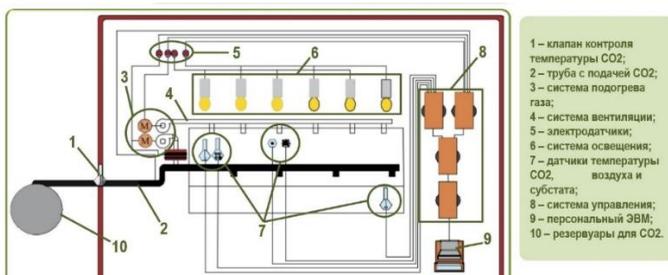
Промышленные выбросы утилизируют с помощью водорослей фукус, путём насыщения биомассы углекислым газом, выделяющимся в процессе производственного производства. Поглощая  $\text{CO}_2$ , фукус накапливает в себе полезные ферменты, что приводит к увеличению объёма биомассы. При последующем синтезе насыщенных водорослей получают экологически чистое топливо [2].

Для контроля выбросов парниковых газов необходимо прибегнуть к одной из развивающихся концепций роботизированного тепличного комплекса, внутри которого будет осуществляется скоростное выращи-

вание различных культурных растений при помощи повышенной концентрации углекислого газа [3].



**Рис. 2. Принципиальная схема работы реактора для переработки водорослей фукус**



**Рис. 3. Принципиальная схема работы теплицы для выращивания культурных растений**

Данная концепция предполагает постройку тепличного комплекса, оснащённого двурусной гидропонной системой. Сбор урожая и посев новых семян будет осуществляется мобильными роботами с манипуляторами и транспортными роботами модели GRoW от компании Ridder. Отказ от человеческого труда обусловлен прежде всего безопасностью, так как для оптимального роста выбранных нами культур требуется определенная концентрация CO<sub>2</sub> – 1500 ppH. Данная концентрация является опасной для человека из-за чего он сможет находиться там не более 30 минут в защитной экипировке.

По контуру всего здания будет проведена система отопительных змеевиков (2), по которым под давлением и при высокой температуре будут подаваться промышленные газы. После того, как CO<sub>2</sub> достигнет определенной температуры, которая будет замеряться температурным датчиком (1), газ будет направлен в само помещение, предварительно

пройдя очистку через фильтр ФС-9. Управление системой подкормки и подачи углекислого газа будет осуществляться с помощью распределенной системы сбора данных серии MDS 100 CPU, а также значение и концентрация углекислого газа будет измеряться системой управления (8) с помощью газоанализатора БПС-21М. Результаты полученных данных передаются на ЭВМ для их архивации (9). Исходя из этой информации будет включаться подача CO<sub>2</sub> при помощи системы вентиляции (4). Освещение в зоне разведения культур будет осуществляться лампами модели ДМАТ 400, работа которых будет управляться суточным реле РЭВ-225.

Использование нашей технологии повысит скорость созревания различных культурных растений в среднем на 34% за счёт подкормки углекислым газом и добавления специального раствора, полученного от переработки водорослей фукус.

Внедрение на этапе проектирования комбинаций современных технологий в производственные линии предусматривает дополнительную разработку реактора для хранения и роста биомассы из водорослей, к которым будет подводиться углекислый газ, также резервуар для выжимки водорослей, резервуар для хранения экологически чистого топлива, резервуар для временного хранения продуктов от выжимки водорослей фукус.

Постановка цели достижения «углеродной нейтральности» на этапе проектирования промышленного комплекса, позволит возводить экологически чистые сооружения, освобождённые от уплаты углеродного налога. Стоит отметить, что в будущем данный концепт позволит с большей точностью рассчитать экономические аспекты, связанные с усовершенствованием производственных линий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Группа компаний и один из крупнейших мультимедийных холдингов России (РБК). KPMG оценила ущерб для России от введения углеродного налога в ЕС. URL: <https://rbc-ru.turbopages.org/rbc.ru/s/business/07/07/2020/5f0339a39a79470b2fd b51be> (дата обращения 12.12.2021).
2. Технология производства и использования биомассы микроводорослей топливного назначения / В.Г. Чирков, Ю.А. Кожевников, В.В. Воробьев, А.Г. Чижиков, Ю.М. Щекочихин, Е.М. Иванникова // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 2(166). С. 21-28.
3. Эффективность использования чистого углекислого газа в подкормку растений салата в осенне-зимний светокультуре / В.Н. Судаченко, А.Е. Маркова, А.В. Жебраков, И.И. Иванова, Т.В. Колянова // Сборник научных трудов ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. 2007. № 79. С. 48-56.

УДК 699.8

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

**Ю.В. Силаева, В.И. Бессолова, С.А. Тумаков**

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается история исследования теории устойчивости, методы расчета стержневых конструкций, их влияние на общую устойчивость зданий и сооружений.*

**Ключевые слова:** *этапы развития, методы расчета, устойчивость здания и сооружения*

## STAGES OF THEORY DEVELOPMENT STABILITY OF STRUCTURAL ELEMENTS OF BUILDINGS

**Yu.V. Silaeva, V.I. Bessolova, S.A. Tumakov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The history of research of stability theory, methods of calculation of building structures, their influence on general stability of buildings and structures is considered.*

**Keywords:** *stages of development, calculation methods, stability of building and structure*

На протяжении существования и развития человеческой цивилизации большое внимание уделялось обеспечению устойчивости зданий и сооружений, т.е. способности этих объектов сохранять свою конструктивную целостность и свое функциональное назначение.

Изучение теории устойчивости, разработка методов и способов начинается с 18 века.

Русский ученый Леонард Эйлер получил формулу для определения теоретической нагрузки (Эйлерова нагрузка), при которой происходит потеря устойчивости стержня.

Ю. Вейсбах помимо того, что вывел формулу Эйлера, также вывел собственные формулы для расчета круглых стальных и деревянных стоек в зависимости от отношения их длины к диаметру.

В 1889 г. германский исследователь Ф. Энгессер предложил ввести упругий модуль  $E$  переменного касательного модуля  $E_k$ :

$$P_t = \frac{\pi^2 E_k J}{(\mu l)^2}. \quad (1)$$

Формула (носит название формулы Энгессера для касательно-модульной нагрузки).

В 1890 г. Ф.С. Ясинский обобщил формулу Эйлера путем введения приведенной длины стержней.

Поиском решения проблемы устойчивости тонкостенных стержней занимался Тимошенко С.П. Благодаря работе Рэлея «Теория звука», в которой подтверждена устойчивость плоской формы изгиба пластинок и сжатых стержней, С.П.Тимошенко была исследована устойчивость, кручение и колебания стержней и балок.

В 1913 г. К.С. Завриев исследует влияние продольных и поперечных изгибающих моментов на продольный изгиб стержня.

А.Н. Динник рассмотрел изгиб мембран и пластинок, изгиб пластинок на упругом основании, устойчивость сжатых пластинок при всевозможных крайних условиях, устойчивость колонн переменного сечения, кручение валов и равновесие тяжелой нити и ряд иных задач, используя функции Бесселя.

В 1915 г. Б.Г. Галеркин стал популярен благодаря собственному труду под названием «Метод Галеркина». Сущность способа состояла в расчете стержней и пластинок.

В настоящее время существует целый ряд подходов к расчету стержневых конструкций. Каждый из этих подходов успешно применяется для решения определенного класса задач строительной механики и теории железобетона. Наряду с безусловными достоинствами каждый из них имеет ряд ограничений, существенно снижающих область его применения. Так, например, подход, используемый в СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», позволяет рассчитывать конструкции только на постоянные во времени нагрузки и только двух временных промежутков для действия нагрузки – чрезвычайно малого и бесконечно большого.

С появлением и дальнейшим развитием метода конечных элементов (МКЭ), его стали широко использовать в расчетах устойчивости зданий и их элементов.

Суть метода конечных элементов заключается в разделении всей конструкции, на некоторое количество подобластей с конечным объемом. Эти подобласти именуется конечными элементами, а само разбиение именуется дискретизацией.

В зависимости от вида конструкции и характера деформации зависит форма конечных элементов. Например, КЭ для ферм, балок или рам будут участки стержней, а при расчетах пластин, плит или оболочек — прямоугольные или треугольные подобласти.

Значительный вклад в разработку МКЭ был сделан Дж. Аргирисом. Он вывел формулу общей матрицы для расчета стержневых систем, вывел матрицу податливости, дал понятие матрицы жесткости.

В 1956 г., решая плоскую задачу теории упругости, американские ученые М. Тэрнер, Р. Клафф, Г. Мартин и Л. Топпввели выделили элемент треугольного вида, благодаря которому сформировали матрицу жесткости и вектор узловых сил.

В 70-е года свой вклад внесли труды следующих ученых И. Бабушки, Р. Галлагера, Ж. Дек-лу, Дж. Одена, Г. Стренга, Дж. Фикса.

Свой вклад в разработку теоретических основ метода конечных элементов вносили и российские ученые. Например, В.Г. Корнеев указал на совпадение математической сущности метода конечных элементов и ВРМ. Сопоставление МКЭ с рядом вариационных методов приведено в трудах Л.А. Розина. Под руководством А.С. Сахарова разработана моментная схема конечных элементов.

Метод конечных элементов позволяет 100% автоматизировать расчет стержневых систем, но при этом, он требует выполнения существенно большего числа вычислительных операций в сравнении с традиционными способами строительной механики. В настоящее время большой объем вычислений не является серьезной проблемой, и, в связи с этим, при внедрении ЭВМ в инженерную практику МКЭ получил широчайшее распространение. Поэтому, знание основ метода конечных элементов и современных программных средств, позволяющих на его основе решать разнообразные задачи, в наше время для инженера считается абсолютно важным.

Решение методом конечных элементов методом перемещений заключается в составлении канонических уравнений относительно неизвестных узловых перемещений:

$$[K] \cdot \{u\} = \{P\}, \quad (2)$$

где  $\{u\}$  – вектор узловых перемещений,  
 $[K]$  – матрица жесткости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владыко А. И.* «Обеспечение пространственной жесткости и устойчивости зданий» и «Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций» // *Материалы 68-й студенческой научно-технической конференции*, 15 мая 2012 г. Минск: БНТУ, 2012. С. 29-33.
2. *Корноухов Н.В.* Прочность и устойчивость стержневых систем. М.: Госстройиздат, 1949.
3. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.» СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.
4. Расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости несущих конструкций высотного здания с учетом фактического положения железобетонных конструкций» / А.М. Белостоцкий, П.А. Акимов, Н.О. Петряшев и др. // *Вестник МГСУ*. 2015. № 4. С. 50-68.
5. *Бессолова В.И.* Исторический очерк развития теории устойчивости / В.И. Бессолова, С.А. Тумаков // *Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием*. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 488-491.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОБЩУЮ  
УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА  
МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

**В.И. Бессолова, Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков**

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье кратко описаны методы расчета на устойчивость. Рассмотрено влияние толщины диска перекрытия на устойчивость железобетонного каркаса многоэтажного жилого здания. Проведено сравнение результатов расчетов трех схем с толщинами перекрытия 180 мм, 200 мм и 220 мм. Выявлена наиболее эффективная из данных вариантов схема.*

***Ключевые слова:** устойчивость, толщина диска перекрытия, железобетон, коэффициент запаса устойчивости, конечный элемент, метод конечных элементов*

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE GEOMETRIC  
PARAMETERS OF THE CEILING DISCS ON THE OVERALL  
STABILITY OF THE REINFORCED CONCRETE FRAME  
OF A MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING**

**V.I. Bessolova, Yu.V. Silaeva, S.A. Tumakov**

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

Yaroslavl State Technical University

*This article briefly describes the methods of calculating stability. The influence of the thickness of the overlap disk on the stability of the reinforced concrete frame of a multi-storey residential building is considered. The results of calculations of three schemes with overlap thicknesses of 180 mm, 200 mm and 220 mm are compared. The most effective scheme of these options has been identified.*

***Keywords:** stability, thickness of the overlap disk, reinforced concrete, coefficient of stability margin, finite element, finite element method*

В проектировании многоэтажных зданий обязательным является не только расчет на прочность, но и расчет на устойчивость, как отдельных его элементов, так и всего сооружения в целом.

В целом все существующие методы расчета на устойчивость можно разделить на три группы: статические, энергетические и динамические. Все они основаны на изучении деформированного состояния системы.

В основе статического метода лежит критерий Эйлера (статический критерий устойчивости): критической силой является наименьшая сила, способная вызвать потерю устойчивости сооружения. Для реализации статического метода надо рассматривать новое положение системы после разветвления (бифуркации) формы равновесия, т. к. в критерии Эйлера отсутствует параметр времени.

Для систем с конечным числом степеней свободы статический метод приводит к решению алгебраических уравнений, а для систем с бесконечным числом степеней свободы – к решению дифференциальных уравнений. После определения критической силы, при необходимости, из уравнений равновесия можно определить и формы потери устойчивости. Имеются разные варианты реализации статического метода. Например, при расчете на устойчивость продольно-сжатого стержня можно решать дифференциальное уравнение продольного изгиба или использовать метод начальных параметров. При расчете сложных статически неопределимых систем можно использовать метод сил, метод перемещений, смешанный метод или приближенные методы.

Энергетический метод основан на исследовании полной потенциальной энергии системы, которая в положении устойчивого равновесия должна иметь минимальную величину.

$$\delta W = \delta U.$$

Это выражение формулируется как энергетический критерий устойчивости: критической является сила, при которой приращение работы внешних сил равно приращению работы внутренних сил. Критическая нагрузка определяется как нагрузка, при действии которой систему можно отклонить от положения равновесия, не увеличивая ее полную энергию.

Так как при использовании данного метода необходимо задавать предполагаемую форму потери устойчивости, он дает приближенное решение. Энергетический метод позволяет решать задачи не решаемые статическим методом, однако реализовать его бывает достаточно сложно.

Динамический метод (метод малых колебаний) основан на задании системе некоторого отклонения и изучении ее колебаний. Даже тогда, когда действуют только статические нагрузки, внешние нагрузки в этом

методе следует рассматривать как динамические.

Выявлено, что в устойчивой системе частота собственных колебаний  $\omega > 0$ , в безразличной системе  $\omega = 0$ , в неустойчивой системе  $\omega < 0$ . В результате получен динамический критерий устойчивости: критической является сила, при которой частота собственных колебаний системы равна нулю.

Динамический метод расчета на устойчивость считается наиболее общим и универсальным методом. Он позволяет решать даже те задачи, с которыми не могут справиться статический и энергетический методы.

Объектом исследования является жилой дом переменной этажности общей площадью 58720 м<sup>2</sup> по улице Лисицина в городе Ярославле.

Несущие конструкции здания приняты по каркасно-стеновой схеме, выполнены из монолитного железобетона класса В35. Пространственная жесткость здания и его геометрическая неизменяемость обеспечена совместной работой монолитных пилонов, стен лестнично-лифтовых узлов и монолитных дисков безбалочных перекрытий и покрытия. В качестве фундаментов использована монолитная железобетонная плита толщиной 650 мм. Перекрытия и покрытие выполнены толщиной 180 мм/200 мм/220 мм. Стены надземной и подземной частей – толщиной 200 мм. Пилоны – сечением 200x1000 мм и 200x800 мм.

Основной темой работы является исследование влияния геометрических параметров диска перекрытия, а именно его толщины, на общую устойчивость железобетонного каркаса многоэтажного жилого здания. Необходимо определить коэффициенты запаса устойчивости для расчетных схем с разной толщиной плиты перекрытия.

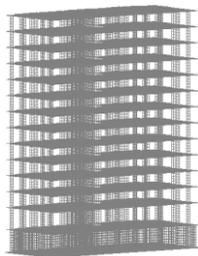
Для актуальности и универсальности работы в расчетах были использованы наиболее распространенные на данный момент в строительстве параметры перекрытий, такие как 180 мм, 200 мм и 220 мм.

Для выполнения эксперимента была собрана модель исследуемого здания (рис. 1) на базе вычислительного комплекса “SCAD Office”, реализующего метод конечных элементов в перемещениях. Переход от континуальной действительной модели конструкции к дискретной расчетной схеме осуществлен разбиением модели на сетку конечных элементов с шагом 500 мм для горизонтальных и вертикальных несущих элементов. Основные типы конечных элементов, используемые в расчетной схеме: тип 42 – универсальный треугольный КЭ-оболочки; тип 44 – универсальный четырехугольный КЭ – оболочки.

Проверка устойчивости равновесия в эйлеровом смысле сводится к анализу уравнений состояния системы в окрестности положения равновесия, когда перемещения получают малые возмущения  $dZ$ .

$$[K - \lambda KN]dZ = 0.$$

Здесь  $K$  – матрица жесткости;  $KN$  – геометрическая матрица жесткости («толкающая») зависящая от продольных сил  $N$ ;  $\lambda$  – параметр интенсивности нагружения.



**Рис. 1. Расчетная модель здания**

При проверке общей устойчивости высотных зданий до сих пор используется методика Ханджи, разработанная более 35 лет тому назад с использованием ряда упрощений для ручного счета. Она пригодна только для зданий простой параллелепипедной конфигурации. При помощи функции программного комплекса SCAD, позволяющего выполнить такую проверку для сооружений произвольной формы, были вычислены коэффициенты запаса устойчивости для трех вариантов расчетных схем с толщинами перекрытий соответственно 180 мм, 200 мм и 220 мм.

Коэффициенты запаса устойчивости в зависимости от толщины диска перекрытия:

- 1) Толщина диска перекрытия  $t=180$  мм –  $KЗУ=35,8$ ;
- 2) Толщина диска перекрытия  $t=200$  мм –  $KЗУ=34,5$ ;
- 3) Толщина диска перекрытия  $t=220$  мм –  $KЗУ=32,9$ ;

В ходе выполнения работы была установлена зависимость: с увеличением толщины диска перекрытия коэффициент запаса устойчивости здания падает.

По результатам выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным является каркас здания с толщиной плиты перекрытия, равной 180 мм, т. к. коэффициент запаса устойчивости в этом варианте является наибольшим.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселкин А.Н. Моделирование, расчет и анализ железобетонного каркаса в программном комплексе SCAD++ // Актуальные вопросы современной науки. Сб. статей по материалам международной научно-практической конференции. Уфа: НИЦ "Вестник науки", 2019. С. 230-236.

2. *Звездочкин Н.Ю.* Моделирование, расчет и анализ железобетонного каркаса в программном комплексе SCAD++ / Н.Ю. Звездочкин, А.Н. Киселкин, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2018. С. 786-789.
3. *Раевский А.Н.* Расчет устойчивости внецентренно сжатых элементов железобетонных конструкций реконструируемых зданий / А.Н. Раевский, В.В. Теряник // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. 2011. № 2. 103 с.
4. *Маслеников А.М.* Решение задач устойчивости методом конечных элементов / А.М. Маслеников, Е.А. Кобелев, Н.А. Маслеников // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2. С. 68-74.
5. *Бессолова В.И.* Исторический очерк развития теории устойчивости / В.И. Бессолова, С.А. Тумаков // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 488-491.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**А.А. Беседин, А.Л. Балушкин**

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматриваются особенности расчета крупнопанельных зданий при аварийных воздействиях.*

***Ключевые слова:** крупнопанельное домостроение, нагрузки, деформации, соединение, расчет, связь, механизмы прогрессирующего обрушения*

## FEATURES OF THE CALCULATION OF A HIGH-PANEL BUILDING

**A.A. Besedin, A.L. Balushkin**

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

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses the features of the calculation of large-panel buildings in case of emergency impacts.*

***Keywords:** high-panel housing construction, loads, deformations, connection, calculation, bond, mechanisms of progressive collapse*

В настоящее время прослеживается тенденция к росту числа чрезвычайных ситуаций, происходящих в жилых зданиях, в виде взрывов газовоздушной смеси. Взрыв бытового газа внутри помещений как правило приводит к разрушению элементов несущей системы здания. Поэтому проблема обеспечения безопасности при аварийных воздействиях эксплуатируемых зданий и зданий, относящихся к новой массовой жилой застройке, является актуальной.

В процессе проектирования, разработки конструктивной системы крупнопанельного здания целесообразно всегда осуществлять оценку его сопротивления к прогрессирующему обрушению.

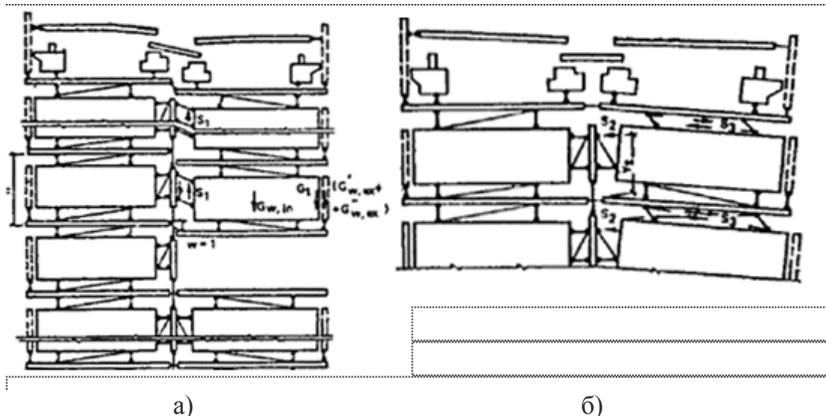
В конструкции здания по характеру работы выделяют два типа элементов: к первому типу относят конструкции, которые под воздейст-

вием локальных разрушений не вызывают качественного изменения напряженного состояния, а приводят лишь к увеличению напряжений и усилий (неповрежденные стеновые диафрагмы и плиты перекрытий, нерасположенных над локальным разрушением). К элементам второго типа относят конструкции, потерявшие первоначальные опоры (стеновые панели и плиты перекрытий, расположенные над локальным разрушением) в рассматриваемом состоянии здания качественно изменяют напряженное состояние.

Элементы первого типа при нормальных эксплуатационных воздействиях подвергаются нагрузкам в два-три раза ниже разрушающих, а качественного изменения напряженного состояния при прогрессирующем разрушении не наблюдается, поэтому прочность элементов первого типа допускается не проверять. Поэтому основной задачей расчета, гарантирующего безопасность жилого дома при наличии рисков особых воздействий, является проверка устойчивости стеновых панелей и плит перекрытий, расположенных выше локального разрушения и потерявших опору в результате локального разрушения стен.

Различают несколько механизмов развития прогрессирующего обрушения:

Первый механизм прогрессирующего обрушения характеризуется одновременным поступательным смещением вниз всех стеновых панелей (или отдельных их частей), расположенных над локальным разрушением (рис. 1, а). Такое смещение возможно при разрушении связей сдвига между продольными и поперечными стенами ( $S_1$ ).

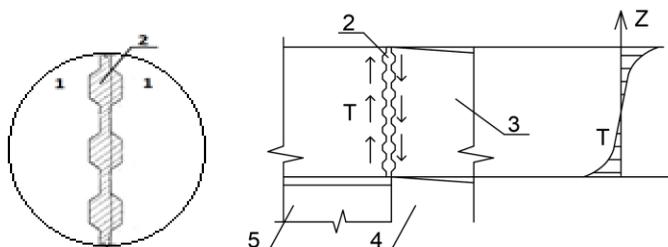


**Рис. 1:** а) - механизм прогрессирующего обрушения I типа;  
 б) - механизм прогрессирующего обрушения II типа

Если плиты перекрытия заведены в продольные и поперечные стены (платформенные стыки), они образуют между ними практически неразрушимую связь сдвига. В этом случае рассматриваются лишь такие разновидности механизма обрушения I типа, которые возможны при ослаблении поперечной стены дверными проемами.

Механизм прогрессирующего обрушения второго типа характеризуется одновременным поворотом каждой стеновой панели, расположенной над локальным разрушением, вокруг своего центра вращения (рис. 1, б). Такое смещение требует разрушения растянутых связей этих панелей с неповрежденной стеной  $S_2$  (см. рис. 1, б).

Сопротивляются развитию прогрессирующего обрушения по I и II механизму бетонные или железобетонные шпонки, образуемые путем замоноличивания полости стыка бетоном (рис. 2).

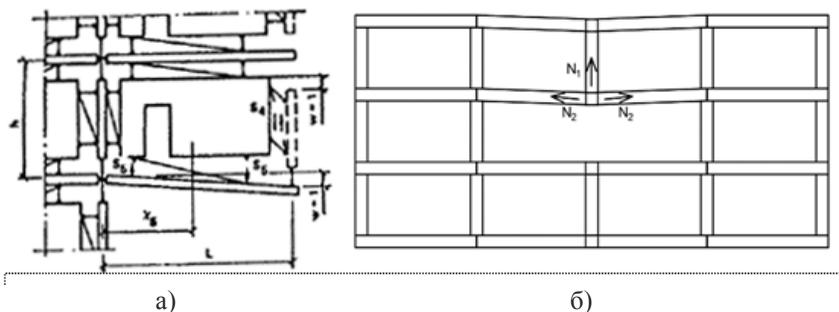


**Рис. 2. Вертикальный шпоночный стык:** 1 – стеновые панели, 2 – шпоночное соединение, 3 – накрёпённая панель, 4 – разрушенная панель, 5 – устоявшая панель

Данные стыки воспринимают сдвигающие усилия, которые чаще всего возникают в случае смещении одной панели относительно другой. Этот стык наиболее полно включается в работу, например, когда происходит разрушение какой-либо из внутренней стеновой панели.

Помимо условий необрушения первого и второго типа необходимо оценить возможность обрушения лишь одних плит перекрытий, расположенных непосредственно над выбитой панелью поперечной стены - третий механизм (рис. 3, а).

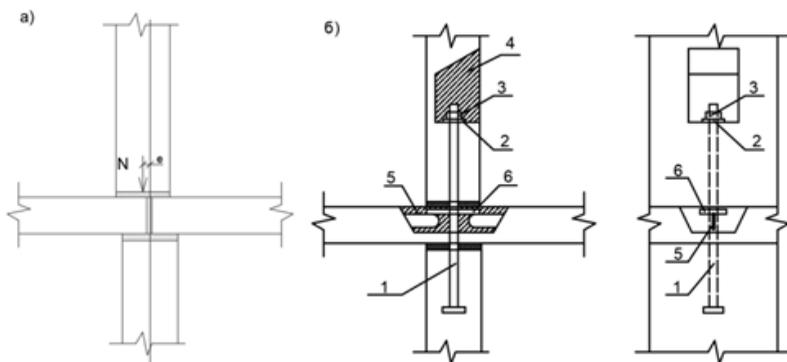
Если при локальном разрушении внутренней поперечной стены удастся обеспечить выполнение условия по первому типу, то есть не удастся предотвратить прогрессирующее обрушение, рекомендуется специальными связями плит перекрытий обеспечить их эффективное сопротивление прогрессирующему обрушению, при больших прогибах как элементов висячей системы. (рис. 3, б).



**Рис. 3:** а) - третий механизм прогрессирующего обрушения, б) - работа плит перекрытий как элементов висячей системы

Требования, которым должны удовлетворять связи и плиты, образующие висячую систему, вытекают из расчета по деформированной схеме: цепь последовательно соединенных элементов должна включать очень пластичное звено, которое обеспечивало бы общее удлинение цепи порядка нескольких процентов (естественно, при этом в плитах допускаются какие угодно трещины).

Предотвратить распространение обрушения по третьему механизму способны горизонтальные стыки. Наиболее часто в качестве горизонтальных стыков стен с перекрытиями применяют платформенные стыки, однако традиционная конструкция этого стыка не способна воспринимать возникающие усилия от плит перекрытия и передать их на выше лежащие конструкции (рис. 4, а), это сможет сделать только специальный стык (рис. 4, б).



**Рис. 4. Платформенные стыки:** а) – традиционный, б) – специальный

У данного специального стыка (рис. 4, б) есть шпилечный стержень (1), который передает возникающие растягивающие усилия на другие конструкции в случае аварийной ситуации, высунутый из нижней стеновой панели и закрепленный с верхней панелью через шайбу и гайку (2 и 3), а с плитами перекрытия путем сварного соединения через пластину (6) и петлями (5). Этот стык способен воспринять растягивающие усилия  $N_1$  (возникает в шпилечном элементе, рис. 3, б и 4, б) и удержать на себе плиты перекрытия  $N_2$  (возникает в соединительной пластине, рис. 3, б и 4, б) при разрушении нижней стеновой панели. Данный стык позволяет уменьшить риск возникновения прогрессирующего обрушения в здании. Но к существенным недостаткам специального стыка можно отнести высокую трудоемкость при его устройстве.

Существует еще четвертый механизм обрушения, который предусматривает перемещения конструкций лишь одного этажа, расположенного непосредственно над выбитой панелью поперечной стены. Этот механизм предполагает сочетание поступательного перемещения поперечной стены с изломом плит.

При расчете здания с железобетонными наружными стенами применяются те же типы механизмов прогрессирующего обрушения, что и для зданий с несущими наружными стенами из легких материалов, при этом учитывается, тот факт, что для образования этих механизмов требуется разрушение не только внутренних стеновых панелей и плит перекрытий, но и наружных стеновых панелей, которые в рассматриваемом случае обязательно включаются в работу.

#### **Выводы:**

1. Из анализа механизмов распространения прогрессирующего обрушения видно, что устойчивость здания при аварийных воздействиях следует обеспечивать, в первую очередь, за счет рационального конструирования связей, так как усиление самих сборных элементов не приносит значительной пользы.

2. В целях повышения экономичности конструктивных решений связей, препятствующих прогрессирующему обрушению, необходимо повышать их пластичность, добиваясь, чтобы в предельном состоянии после исчерпания несущей способности связь не выключалась из работы и допускала без разрушения сравнительно большие абсолютные деформации.

3. Из исследований видно, что в качестве горизонтальных стыков целесообразно применять специальные платформенные стыки, которые способны воспринимать растягивающие усилия. Для наружных стен необходимо использовать вертикальные бесшпоночные, а для внутренних

стен – многопоночные вертикальные стыки, что обеспечит уменьшение рисков возникновения прогрессирующего обрушения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3 «Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85)» Утв. приказом ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры от 31 июля 1986 г.
2. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3).
3. *Беседин А.А.* Особенности работы стыков в полносборных зданиях при особых воздействиях / А.А. Беседин, А.Л. Балушкин // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 560-510.
4. СП 335.1325800.2017 Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования. М., 2017.
5. *Блажко В.П.* Об определении податливости связей при формировании расчетных моделей панельных зданий // Жилищное строительство. 2017. № 3. С. 17–21.

## **ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВЪЕЗДНЫХ РАМП ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ПАРКИНГОВ**

**А.В. Капустина, А.Л. Балушкин**

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются различные конструктивные схемы различных типов рамп, их особенности конструирования и расход материалов.*

***Ключевые слова:** многоэтажный гараж, кольцевая рама, расход материалов*

## **DESIGN FEATURES OF ENTRANCE RAMPS FOR MULTI-STOREY PARKING PARKS**

**A.V. Kapustina, A.L. Balushkin**

Scientific supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Various design schemes of various types of ramps, their design features and material consumption are considered.*

***Keywords:** multi-story garage, ring frame, material consumption*

Одним из распространенных типов хранения автомобилей, с начала прошлого века стали многоэтажные рамповые стоянки. Их отличительные черты – рампы, которые очень разнообразны по своему устройству, количеству в одном гараже, взаиморасположению, организации движения на них и т.д. [4].

Рампы подразделяются:

- по расположению относительно здания (наружные и внутренние);
- очертанию в плане (прямолинейные и криволинейные);
- количеству полос движения (однопутные и двухпутные);
- высоте подъема (полные рампы и полурампы);
- взаимному расположению (параллельные и перекрестные, смежные и раздельные) [1];

– организации движения и пространственному построению (одноходовые и двухходовые); – характеру движения (прерывные и непрерывные) [4].

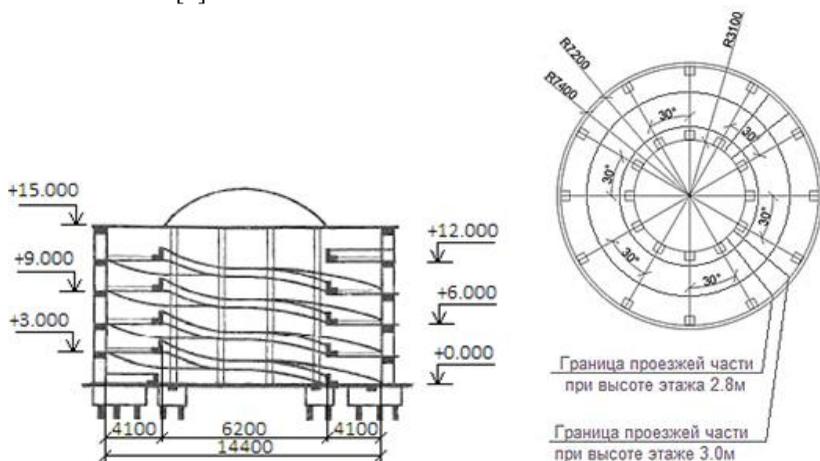
Согласно данным пособия [3], для проектирования гаражей - стоянок для легковых автомобилей ширина проезжей части каждой полосы движения двухпутной ramпы принимается равной ширине проезжей части соответствующей однопутной ramпы. Расстояние от верха проезжей части ramпы до выступающих конструктивных элементов перекрытия (покрытия) или до низа оборудования должно быть равным высоте наиболее высокого автомобиля плюс 0,2 м, но не менее 2 м [3].

В данном случае рассматривается однопутная ramпа для гаража высотой 4 этажа, максимальный радиус ramпы 7,4 м, а минимальный 3,1 м. Высота этажа равна 3 м. Угол между соседними колоннами  $30^\circ$  [1].

Толщина плиты 0,2 м, размер поперечного сечения колонны 0,3х0,3 м. Поперечное сечение балки 0,3х0,3 м, высота и ширина соответственно. За относительную отметку  $\pm 0,000$  принята отметка чистого пола первого этажа проектируемого здания [1].

Принят бетон, имеющий характеристики: В30, W8, F300 [1].

Выполнено жесткое сопряжение колонны и плиты, колонны и балки, балки и плиты [2].



**Рис. 1. Разрез по кольцевой ramпе, схема расположения колонн**

Нагрузка от автомобилей на плиту задавалась, как нагрузка на площадки пятнами. Размер пятна соответствует размерам легкового автомобиля – 4,8х1,9 м. Расстояние между машинами, двигающимися друг за другом составляет 3 м. Нагрузка от автомобиля равна  $3,5 \text{ кН/м}^2$  [1].

Для расчета создано 4 комбинации загружений:

1. Собственный вес конструкций + Снеговая нагрузка на верхнем ярусе + Напольное покрытие + 2 машины друг за другом на верхнем ярусе ramпы.

2. Собственный вес конструкций + Снеговая нагрузка на верхнем ярусе + Напольное покрытие + 4 машины друг за другом на верхнем ярусе ramпы.

3. Собственный вес конструкций + Снеговая нагрузка на верхнем ярусе + Напольное покрытие + 4 машины друг за другом на верхнем ярусе ramпы.

4. Собственный вес конструкций + Снеговая нагрузка на верхнем ярусе + Напольное покрытие + 3 машины друг под другом на каждом ярусе ramпы.

5. Собственный вес конструкций + Снеговая нагрузка на верхнем ярусе + Напольное покрытие + Машина ярусе ramпы [1].

Из этих комбинаций выбраны 2 схемы, в которых элементы испытывают наибольшую нагрузку.

Значения нормативных равномерно распределенных нагрузок и коэффициентов надежности по нагрузке принимаем по требованиям СП 20.13330.2011 "Нагрузки и воздействия" [1].

**Таблица 1. Сбор нагрузок на типовое перекрытие**  
(не учтен собственный вес конструкций)

Нагрузка	Норматив. значение, кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_n$	$\gamma_f^I$	Расчетное значение по 1 гр. ПС, кН/м <sup>2</sup>
<b>Постоянные:</b>				
Цементно-бетонное покрытие толщиной 30 мм (по приложению 1 СНиП 2.03.13.88)	0,53	1,0	1,3	0,69
Монолитная плита $\delta=200$ мм; $\rho=2500$ кг/м <sup>3</sup>	5,0	1,0	1,3	6,50
Итого	0,53			0,69
<b>Временные:</b>				
Кратковременные: - Вес автомобилей СП 20.13330.2011, табл. 8.4, п.1	3,50	1,0	1,2	4,20
Всего: - Полная	9,03			11,39

Расчет выполнялся с помощью расчетного комплекса SCAD++. При создании модели были учтены все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению здания. Расчетная модель отражает действительные условия работы здания, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации [1].

Для расчета выбраны четыре схемы:

- с безригельным перекрытием;
- радиально-кольцевая схема с криволинейными балками;
- радиально-кольцевая схема с прямолинейными балками;
- схема с радиальными балками [1].

В результате расчета каждой из схем, определены комбинации загружений, по результатам действия которых, получены наибольшие усилия в элементах. Это вторая и третья комбинации [1].

После был произведен расчет армирования элементов конструкции. Для расчета армирования задаю класс бетона В30, продольную арматуру класса А400 и поперечную арматуру класса А240 [1].

**Таблица 2. Расход арматуры и бетона**

1. Безбалочная схема

Конструктивные элементы и группы конструктивных элементов	Продольная арматура	Поперечная арматура	Объем бетона	Расход на единицу объема
	кг	кг	м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
плита	2578,6	1950,12	85,23	53,14
колонна	435,57	565,75	13,75	72,82
ИТОГО	3014,17	2515,87	98,98	55,87

2. Схема с радиальными балками

Конструктивные элементы и группы конструктивных элементов	Продольная арматура	Поперечная арматура	Объем бетона	Расход на единицу объема
	кг	кг	м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
плита	1470,72	0	85,23	17,26
колонна	273,75	107,35	14,45	26,37
балка	254,75	84,50	9,1	37,27
ИТОГО	1999,22	191,85	108,78	20,14

3. Схема с кольцевыми (тангенциальными) с прямолинейной осью и радиальными балками

Конструктивные элементы и группы конструктивных элементов	Продольная арматура	Поперечная арматура	Объем бетона	Расход на единицу объема
	кг	кг	м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
плита	1189,22	0	85,23	13,95
колонна	253,32	103,90	14,45	24,71
балка	613,48	184,35	21,03	37,94
ИТОГО	2056,02	288,25	120,71	19,42

4. Схема с кольцевыми балками и радиальными балками

Конструктивные элементы и группы конструктивных элементов	Продольная арматура	Поперечная арматура	Объем бетона	Расход на единицу объема
	кг	кг	м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
плита	972,14	0	85,23	11,41
колонна	167,54	89,05	14,45	17,76
балка	621,55	191,82	20,90	20,89
ИТОГО	1761,23	280,87	120,58	16,94

**Выводы:** С учетом устойчивой тенденции, проявляющейся в последние годы в росте стоимости стали, на основании расчета была определена схема, отвечающая не только конструктивным требованиям, но и экономическим.

Таким образом, наиболее экономичным решением для винтовой рампы является радиально-кольцевая схема с криволинейными балками. Сравнение выполнялось только по прямым затратам, то есть только по стоимости материалов.

Кроме того, конструкция криволинейной рампы наиболее компактна в сравнении с прямолинейной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перельмутер А.В.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. М.: ДМК Пресс, 2009. 596 с.
2. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD: учеб. пособие по направлению 653500 «Строительство» / В.С. Карпиловский и др. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. 39 с.
3. Гаражи - стоянки для легковых автомобилей, принадлежащих гражданам. Пособие для проектирования. М.: АО "ЦНИИПромзданий, 1998. 105 с.
4. СП 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\*. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНОЙ  
КЛАДКИ НА ОБЪЕКТЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ  
«ГРЭС ЛЯПИНСКАЯ» г. ЯРОСЛАВЛЯ**

**Д.А. Макеева, А.Л. Балушкин**

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье анализируются традиционные и современные методы ремонта и усиления кирпичной кладки на объектах культурного наследия. Рассматриваются основные принципы и возможности их применения для реконструкции здания Ляпинской ГРЭС (Заволжский район г. Ярославля).*

**Ключевые слова:** объекты культурного наследия; реконструкция; ремонт; укрепление

**INNOVATIVE METHODS OF REINFORCING MASONRY  
AT THE CULTURAL HERITAGE SITE "LYAPINSKAYA  
HYDROELECTRIC POWER STATION" IN YAROSLAVL**

**D.A. Makeeva, A.L. Balushkin**

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

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes traditional and modern methods of repair and reinforcement of brickwork at cultural heritage sites. The basic principles and possibilities of their application are considered for the reconstruction of the Lyapinskaya GRES building (Zavolzhsy district of Yaroslavl)*

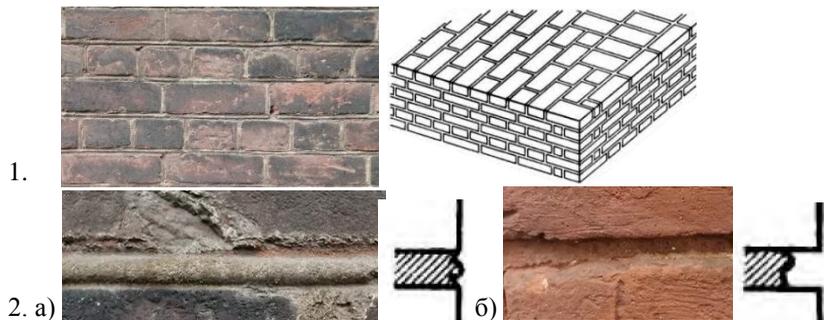
**Keywords:** objects of cultural heritage; reconstruction; repair; reinforcement

Ремонт и восстановление исторических зданий требует индивидуального подхода, отличного от комплекса технологий и материалов, применяемых в современном строительстве для общественных зданий. Однако есть случаи, которые нуждаются в особом внимании, когда любое изменение первоначального вида наружных стен фасада здания исключает

ется. Характерным примером такого случая является каменная кладка объектов культурного наследия. В данном случае важно не только обеспечить несущую способность основных конструктивных элементов здания, но и не нарушить уникальный исторический облик памятника архитектуры в целом.

В Ярославской области существует множество исторических зданий, объектов производственного назначения, в конструкции которых кирпичная кладка играет решающую роль. Так, большой объем каменной кладки встречается в здании Ляпинской ГРЭС, расположенной в Заволжском районе г. Ярославля. Ляпинская ГРЭС была построена в 1923-1932 гг. по плану электрификации в соответствии с проектом архитектора Э.И. Норверта и инженера Б.В. Мокршанского. С 1980 г. сооружение является объектом культурного наследия регионального значения, памятником промышленного конструктивизма. До начала 1990-х г. здание работало как электростанция, затем объект был превращен в котельную, а в 2014 г. был выведен из эксплуатации.

Стены ГРЭС выполнены из полнотелого керамического кирпича на цементно-песчаном растворе с цепной системой перевязки, способы обработки швов – расшивка и пустошовка [1], толщина наружных стен варьируется от 510 до 770 мм, толщина внутренних стен составляет 510 мм, толщина шва 10÷15 мм, размер кирпича равен 210÷250 мм × 115 мм × 65 мм (рис. 1).



**Рис. 1. Внешний вид кладки Ляпинской ГРЭС: 1 – цепная система перевязки; 2 – способ обработки швов: а) расшивка; б) пустошовка**

В настоящее время, в общем, техническое состояние каменной кладки несущих стен здания работоспособное по ГОСТ 31937-2011 [2], что свидетельствует, в целом, о приемлемой прочности кирпича и раствора. Однако имеются участки, где стены здания в процессе длительной эксплуатации (более 60 лет) подвергались разрушающим влияниям: осадке, действию атмосферных условий, грунтовых вод. В результате в

стенах возникло большое количество повреждений (рис.2), в частности, отсутствие части кладки (утрата кирпичей), сколы, выбоины, пустоты, разрушение кладочного раствора с уменьшением сцепления кладочного раствора с кирпичами, трещины, высолы, биологические повреждения.



**Рис. 2. Повреждения кирпичной кладки Ляпинской ГРЭС:**

а) трещины в надоконной перемычке, утрата кирпичей;

б) трещина по стене

В настоящее время в котельной планируется создание культурного центра. В связи с чем потребность в ремонте и реконструкции данного здания, а именно, каменных конструкций несущих стен, приобретает особую актуальность [1].

В строительстве при реконструкции каменных конструкций используются несколько традиционных способов усиления кирпичных стен:

1. Устройство обоймы. Способ позволяет увеличить несущую способность конструкции в 1,3-2,5 раза [3]. Но в процессе реставрации с использованием обоймы утрачивается исторический облик здания, что является серьёзным препятствием для использования ее при реконструкции объекта культурного наследия.

2. Инъектирование. При инъектировании раствора в кладку не происходит видоизменение исторического облика. Однако метод применим лишь в случае заделки малых повреждений.

3. Частичная или полная замена кладки. Данный способ усиления также не нарушает исторический облик сооружения. Но данный процесс подразумевает наличие значительного временного промежутка на выполнение работ.

В настоящее время современная практика предлагает иные подходы, применяемые в процессе ремонта и усиления кирпичных конструкций. В частности, к таким методам относятся: усиление кирпичной кладки композитными материалами и устройство анкеров в горизонтальные растворные швы.

Армированные волокном полимеры (FRP) имеют следующие преимущества: малый вес, высокая прочность и устойчивость к коррозии, относительная легкость в монтаже, возможность применения с целью сохранения исторического облика сооружения. Главным недостатком использования усиления композитными материалами является высокая стоимость материала.

Методом усиления является и структурное усиление швов кладки, заключающееся во вставке и закреплении в горизонтальных растворных швах анкеров (рис. 3). Анкер работает как пружина, имеющая очень много точек соприкосновения с раствором [4]. Анкер обладает большей эластичностью, он лучше растягивается, благодаря этому риск повторного образования трещин сводится к минимуму. Однако применение анкеров приведет к удорожанию ремонтных работ.



**Рис. 3. Спиральный анкер**

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, при реконструкции здания Ляпинской ГРЭС достаточно эффективным можно считать укрепление кирпичной кладки стен здания путем инъектирования эпоксидным составом.

2. Наружную поверхность кладки целесообразно укреплять с помощью установки анкеров в горизонтальные швы кладки.

3. Применение комплекса предлагаемых методов приведет к удорожанию ремонтных работ, но это окупится значительным увеличением долговечности повреждённого здания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реставрация памятников архитектуры: учеб. пособие для вузов / С.С. Подъяпольский, Г.Б. Бессонов, Л.А. Беляев, Т.М. Постникова. М.: Стройиздат, 1988. 264 с.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 59 с.
3. *Измагилова Ю.Р.* Традиционные и современные способы восстановления несущей способности кирпичных стен при реставрации объектов культурного наследия / Ю.Р. Измагилова, Д.Г. Золотозубов. Пермь: ПНИПУ, 2017. 6 с.
4. Принцип работы спирального анкера. Ремонт трещин и усиление кирпичной кладки. URL: <https://rsa-system.ru/princip-raboty> (дата обращения 15.01.2022).

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННЫХ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В SCAD**

**А.С. Агеев, С.А. Тумаков**

Научный руководитель – **А.С. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается методика расчета и моделирования комбинированных свайно-плитных фундаментов и фундаментов с низким ростверком.*

***Ключевые слова:** основания и фундаменты зданий и сооружений, комбинированные фундаменты, расчет фундаментов*

## **MODELING AND CALCULATION OF COMBINED PILE-PLATE FOUNDATIONS IN SCAD**

**A.S. Ageev, S.A. Tumakov**

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

Yaroslavl State Technical University

*The method of calculation and modeling of combined pile-slab foundations and foundations with a low grillage is considered.*

***Keywords:** base and foundations of buildings and structures, combined foundations, calculation of foundations*

Актуальной проблемой при проектировании является выбор методики решения задачи, максимально близко отображающей поведение анализируемой конструкции фундамента. Современные расчетные комплексы в своем составе имеют множество численных инструментов для создания моделей основания как в линейной (упругой), так и в нелинейно-упругой или упругопластической постановке. Если учет физически-нелинейных свойств грунта представляет собой более сложную задачу, требующую проведения расширенных инженерно-геологических изысканий, то решение задачи расчета в упругой постановке в соответствии с требованиями норм является общепринятым в инженерной практике на

основании стандартных изысканий. Это связано с тем, что в основе большинства современных нормативных документов лежат две модели основания: контактная модель Винклера с одним постоянным коэффициентом постели и линейно-деформируемого полупространства в аналитическом представлении, либо в виде контактной двухпараметрической модели Пастернака, либо в численном виде с объемными конечными элементами [1, 2].

Целью проводимой работы являлся анализ исследования характера работы комбинированного свайно-плитного фундамента; изучение литературных источников, данных лабораторных и натуральных экспериментов и методов расчета и моделирования свайных фундаментов с учетом работы низкого ростверка и комбинированных свайно-плитных фундаментов, а также анализ нормативной литературы по расчету фундаментов такого типа; анализ существующих методов моделирования фундаментов при помощи метода конечных элементов.

Объектом исследования являлось монолитное железобетонное жилое 12-этажное здание. Для передачи нагрузок на основание был произведен выбор в пользу комбинированного свайно-плитного фундамента, так как классический плитный фундамент не проходил по расчетам по второй группе предельных состояний.

В нормативной литературе приводятся следующие аналитические методики расчета и указания по конструированию комбинированных фундаментов. Конструирование и непосредственно расчет комбинированных фундаментов необходимо начинать с выбора длины свай и их шага в составе КСП на основании расчета по деформациям с обеспечением допустимой величины осадок, кренов и относительной разности осадок возводимого сооружения. Также длина свай назначается исходя из конструктивных особенностей подземной части сооружения и на основании анализа геологических условий площадки строительства.

Согласно рекомендациям, приведенным в [2], и ряду работ, посвященным расчетам и конструированию фундаментов данного типа, оптимальное расстояние между сваями должно составлять  $a=5-7d$  ( $d$  – диаметр или сторона квадратной сваи), при таком выборе шага свайная часть будет воспринимать около 85% процентов всей нагрузки, приходящейся на фундамент, плитная – около 15%.

Согласно методике, приведенной в [2, п. 7.4.11], расчет осадки КСП фундамента производят на основе определения частных значений жесткости всех свай и ростверка, коэффициента их взаимодействия и коэффициента жесткости всего фундамента.

Жесткость всех свай  $K_p$  определяют по формуле

$$K_p = K_1 n / R_s, \quad (1)$$

где  $R_s$  – коэффициент увеличения осадки;

$K_1$  – жесткость одной сваи, определяемая как отношение нагрузки на сваю к ее осадке,

$$K_1 = P_1/s_1 = E_{SL}d/I_s, \quad (2)$$

где  $E_{SL}$  – модуль деформации грунта на уровне подошвы свай;

$I_s$  – коэффициент влияния осадки, зависящий от отношения  $l/d$  и относительной жесткости сваи  $\lambda = E_p/E_{SL}$  ( $E_p$  – модуль упругости материала ствола сваи).

Жесткость плитной части фундамента определяется по формуле

$$K_c = E_s \sqrt{A} / (1 - \nu^2) m_0, \quad (3)$$

где  $E_s$  – средний модуль деформации грунта на глубине до  $B$  ( $B$  – ширина плиты);

$A$  – площадь плиты,  $m^2$ ;

$\nu$  – коэффициент Пуассона грунта;

$m_0$  – коэффициент площади.

На основании проведенных численных расчетов было определено, что свайная часть фундамента будет воспринимать 79,4% от всей нагрузки, приходящейся на фундамент сооружения, а плитная – 20,6%, что соответствует натурным экспериментам и теоретическим работам ряда авторов. Осадка фундамента была вычислена с учетом общей жесткости КСП фундамента и составила 3,19 см.

Согласно рекомендациям [2, п. 7.4.13] выполненные расчеты осадки КСП фундамента следует дополнительно проверить на осадку как условного фундамента.

Осадку большего размера свайного фундамента следует определять по формуле [1, п. 7.4.6]:

$$s = s_{ef} + \Delta s_p + \Delta s_c, \quad (4)$$

где  $s_{ef}$  – осадка условного фундамента, вычисленная методом послойного суммирования деформаций линейно-деформируемого основания с условным ограничением сжимаемой толщи, с вертикальным нормальным напряжением, определяющим деформации и глубину сжимаемой толщи, только от действия нагрузки, приложенной к свайному фундаменту, без учета веса грунта в пределах условного фундамента;

$\Delta s_p$  – дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;

$\Delta s_c$  – дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

Значение осадки продавливания сваи определяется методом ячеек в упруго-пластической постановке или по формулам

$$\Delta s_p = \frac{\Delta s_{p1}}{\frac{\Delta s_{p1}}{\Delta s_{p0}} \left( 1 - \frac{E_1}{E_2} \right) + \frac{E_1}{E_2}}; \quad \Delta s_{p1} = \frac{\pi(1-\nu_2^2)P}{4E_2} (a - 1,5d);$$

$$\Delta s_{p0} \approx \frac{(1-\nu_2^2)(1-k)P}{dE_2}, \quad (5)$$

где  $E_1, \nu_1$  – осредненные значения модуля общей деформации и коэффициента Пуассона в пределах длины сваи;

$E_2, \nu_2$  – осредненные значения модуля общей деформации и коэффициента Пуассона в пределах активной зоны сжатия массива под подошвой условного фундамента;

$p$  – среднее давление по подошве условного фундамента;

$a$  – осевое расстояние между сваями фундамента.

Общая осадка фундамента составила 3,98 см, что близко по значению к результатам, полученным по предыдущей методике.

При описании расчетной модели в программном комплексе SCAD учет взаимодействия свайной части фундамента с грунтом основания будет задано при помощи связей конечной жесткости, значение жесткостей которых будет вычислено по формуле

$$Y = X = K \cdot z_i \cdot b_p \cdot h_i; \quad Z = N/s, \quad (6)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности, назначаемый в зависимости от типа грунта;

$z_i$  – расстояние от поверхности грунта до  $i$ -й связи конечной жесткости;

$b_p$  – условная ширина сваи;

$h_i$  – шаг пружинных опор в принятой расчетной схеме (не более 0,25 м);

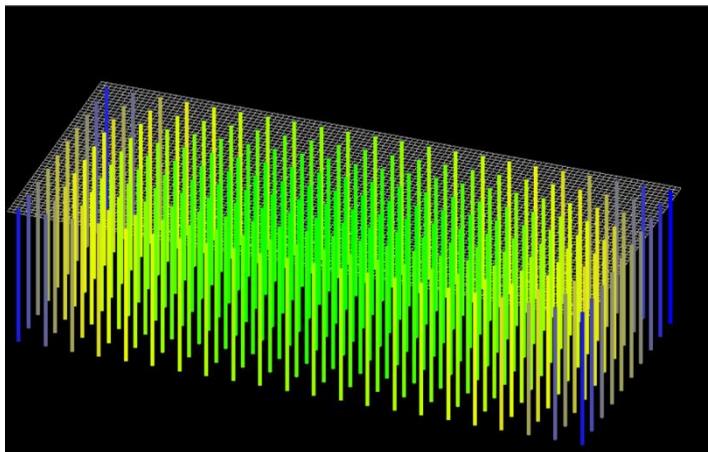
$N$  – нагрузка на одну сваю;

$s$  – общая осадка фундамента.

Взаимодействие плитной части фундамента с грунтом основания моделируется при помощи назначения коэффициента постели грунта, залегающего непосредственно под подошвой плиты.

На основании проделанной работы были изучены и проанализированы имеющиеся методики для аналитического расчета комбинированных свайно-плитных, а также изучен опыт по построению конечно-элементных моделей, описывающих взаимодействие системы плита-свая-

грунт. Описанная выше методика позволяет получить расчетную модель, благодаря которой можно вычислить значения усилий, напряжений и перемещений, возникающих в теле фундамента (рис. 1).



**Рис. 1. Расчетная схема комбинированного фундамента с отображением усилий, возникающих в сваях**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2016 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» / Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 786 и введен в действие с 20 мая 2011 г.
2. СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» / Одобрен для применения постановлением Госстроя России № 96 от 21 июня 2003 г.
3. *Нуждин Л.В.* Численное моделирование свайных фундаментов в расчетно-аналитическом комплексе SCAD Office / Л.В. Нуждин, В.С. Михайлов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. № 1. С. 5–18.
4. Расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости несущих конструкций высотного здания с учетом фактического положения железобетонных конструкций / А.М. Белостоцкий, П.А. Акимов, Н.О. Петряшев, С.О. Петряшев, О.А. Негрозов // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 50-68.

## СОВРЕМЕННЫЕ МАНСАРДНЫЕ КРЫШИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

**Н.А. Акельев, А.Л. Балушкин**

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются различные конструкции мансардных крыш и сложность их устройства, сравниваются традиционные и современные материалы.*

***Ключевые слова:** мансарда, мансардные крыши, типы мансардных крыш, материал, конструкции*

## MODERN MANSARD ROOFS FOR LOW-RISE BUILDINGS

**N.A. Akel'ev, A.L. Balushkin**

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

Yaroslavl State Technical University

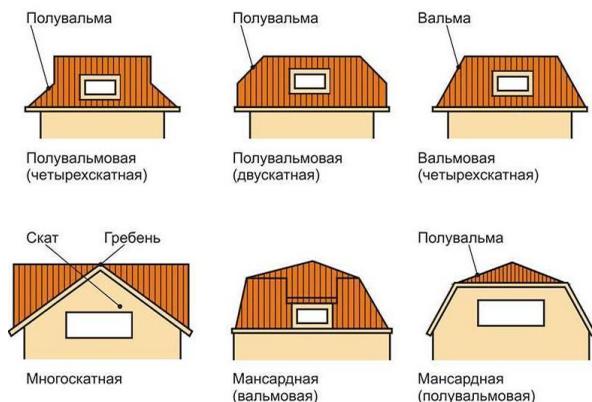
*Different designs of mansard roofs and the complexity of their device are considered, comparing traditional and modern materials.*

***Keywords:** mansard, mansard roofs, types of mansard roofs, material, structures*

### **Виды и характеристики мансардных крыш**

Понятие «мансарда», согласно СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные», «Этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной, ломаной или криволинейной крыши, при этом линия пересечения плоскости крыши и фасада должна быть на высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа».

Мансардные крыши можно классифицировать по ряду характеристик, например, по количеству и направлению скатов крыши (рис. 1), по количеству уровней мансарды (рис. 2).



**Рис. 1. Классификация мансард по количеству и направлению скатов крыши**

	Симметричные	Ассиметричные
Одноуровневые		
Двухуровневые		

**Рис. 2. Классификация мансард по количеству уровней (слева направо): одно-, двух-, трехуровневые мансарды**

Также мансардные крыши разделяют по материалу изготовления.

**Основными материалами** для изготовления каркаса мансарды является обрезной пиломатериал и профили металлопроката. Данный материал имеет очень большое распространение в странах, где популярны мансардные кровли. Но технологии развиваются и с появлением более сложных архитектурных форм, больших пролетов конструкций и тенден-

ций на более энергоэффективные и экономичные материалы появление таковых является закономерностью. Представителями таких материалов являются **LVL-изделия и ЛСТК-профили.**

**ЛСТК** – легкие стальные тонкостенные конструкции – строительные конструкции запроектированные и изготовленные из стальных холодногнутых оцинкованных профилей толщиной не более 4 мм.

**LVL** – (англ. Laminated Veneer Lumber) - это высокопрочный композитный конструкционный материал, на основе шпона натурального дерева, усиленный и улучшенный технологически. В результате сложного технологического процесса склеивания слоев шпона получается однородный материал с уникальным набором технических характеристик.

Данные современные материалы позволяют выполнять более сложные задачи, как в архитектурном, так в конструктивном плане. А также задачи, выполнить которые традиционными материалами было бы нецелесообразно или невозможно.

В строительной практике встречается множество прямых и косвенных ограничений к производству строительных работ. Например, низкая несущая способность конструкций или невозможность использования тяжелой подъемной техники при надстройке мансардного этажа. В таком случае имеет смысл прибегнуть к применению ЛСТК-конструкций, так как они являются наиболее легким вариантом конструкционных материалов, применяемых в кровлях.



**Рис. 3. Мансарда из ЛСТК профилей**

Существуют ограничения в виде задания заказчика на создание больших пролетов и пространств не ограниченных различными типами

связей, затяжек и раскосов, а также на ускоренный монтаж укрупненными блоками. В таком случае применяют конструкции из клееного LVL-бруса, так как такие конструкции позволяют развивать сечения в поперечном направлении без серьезного архитектурного и конструкционного ущерба.



**Рис. 4. Мансардный этаж из ЛВЛ конструкций**

Подводя итоги, можно сказать, что применение основных материалов, таких, как металлические и деревянные конструкции, при возведении мансард не позволяет выполнять любые замыслы архитектора, ограничивает его в объёме и конфигурации мансарды. Современные материалы, напротив, дают возможность не только возводить конструкцию мансарды оригинальной формы, но и обеспечивают её легкость и энергоэффективность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 17.13330.2017. Кровли. М.: Минстрой России, 2017. 56 с.
2. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. М.: Минстрой России, 2017. 56 с.
3. *Самойлов В.С.* Крыши, кровли, мансарды. М.: Литературный бульвар, 2010. 320 с.
4. *Курякова Н.Б.* Основы проектирования скатных крыш и мансард / Н.Б. Курякова, Т.С. Шептуха. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. 75 с.

## **ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОДНОСЛОЙНОГО ОГРАЖДЕНИЯ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИ ДИФФУЗНОМ ПАДЕНИИ ЗВУКА**

**Д.А. Сворин, А.Б. Лебедев**

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Выполнен расчет частотной характеристики однослойного ограждения при диффузном падении звука.*

***Ключевые слова:** закон масс, звукоизоляция, однослойное ограждение, частотная характеристика*

## **FREQUENCY RESPONSE OF SOUND INSULATION OF A SINGLE-LAYER FENCES OF FINITE DIMENSIONS WITH DIFFUSE SOUND DROP**

**D.A. Svorin, A.B. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The calculation of the frequency response of a single-layer fence with a diffuse sound drop is performed.*

***Keywords:** mass law, sound insulation, single-layer fencing, frequency response*

Для расчета частотной характеристики массивных бетонных, каменных и тому подобных ограждений существует четыре методики:

- расчет по закону масс с учетом только поверхностной плотности ограждения, согласно которому для безграничного однослойного ограждения (безграничной пластины) звукоизоляция равна

$$R = 20 \lg(f \cdot m) - 47,5 \text{ дБ},$$

где  $f$  – частота звука, Гц;  $m$  – поверхностная плотность ограждения, кг/м<sup>2</sup>. Согласно этой зависимости изоляция воздушного шума ограждением увеличивается с ростом частоты звука с приращением 6 дБ на октаву. Экспериментальная проверка данного закона показала, что звукоизоляции ограждений с реальными размерами из традиционных материалов (цементные бетоны, гипс, керамический кирпич и др.) не совпадает с вычисленными теоретическими значениями, особенно в областях низких и средних частот;

- нормативный графоаналитический метод [1] с учетом вида материала и резонансных явлений в ограждении, но без учета его фактических площади и строгих упругих характеристик;

- расчет по теории волнового совпадения Л.Кремера, который установил, что основное влияние на передачу звука через тонкие пластины оказывают изгибные волны, которые образуются, если толщина конструкции меньше одной шестой длины волны изгиба на рассматриваемой частоте. Частоту совпадения частоты звука и частоты собственных колебаний ограждения называют резонансной или граничной частотой и ее вычисляют по формуле

$$f_{кр} = \frac{c_b^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{D}}, \text{ Гц,}$$

где  $c_b$  – скорость звука в воздухе, принимают  $c_b = 344$  м/с;  $D$  – цилиндрическая жесткость ограждения, Па·м<sup>3</sup>, которую рассчитывают по формуле

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}, \text{ Па} \cdot \text{м}^3,$$

здесь  $E$  – модуль упругости материала конструкции, Па;  $h$  – толщина ограждения, м;  $\nu$  – коэффициент Пуассона материала ограждения. Весь нормативный диапазон звуковых частот Л. Кремер разделил на две области: область ниже и область выше критической частоты. Звукоизоляция ограждения в области частот ниже критической частоты рассчитывается следующим образом:

$$R = 20 \lg(f \cdot m) - 47,5 \text{ дБ},$$

а выше критической частоты:  $R = 20 \lg \left( \frac{\pi \cdot f_{кр} \cdot m}{\rho_b \cdot c_b} \right) + 30 \lg \frac{f}{f_{кр}} + 10 \lg(\eta) - 3 \text{ дБ}$

В расчете по Л. Кремеру также не учитывается реальная площадь ограждения;

- расчет по теории самосогласования звуковых внешнего диффузного и собственного волновых полей ограждения М.С. Седова [2]. В этой теории постулируется, что падающие звуковые волны возбуждают в пластине два вида колебаний:

- изгибные колебания, частота которых определяется поверхностной плотностью и цилиндрической жесткостью ограждения;
- инерционные колебания на низких частотах, которые не зависят от упругих характеристик материала, а определяются поверхностной плотностью и фактическими размерами ограждения. В диапазоне частот ниже  $f_{кр}$  формула расчета звукоизоляции имеет вид

$$R = 20 \lg \left( \frac{f \cdot m}{F_{и}} \right) - 46,7 \text{ дБ.}$$

Здесь  $F_{и}$  – функция отклика, значение которой на границах третьоктавных полос табулируется [2] в зависимости от площади ограждения.

Проведем расчет частотной характеристики ограждения по теории Л. Кремера на границах октавных полос 125, 250, 500, 1000, 2000 и 4000 Гц с учетом площади ограждения по теории самосогласования М.С. Седова. Пусть имеется однослойное ограждение площадью 4х3 м из пазогребневых гипсовых плит ПГП толщиной  $h = 0,1$  м, средней плотностью  $\rho = 1200$  кг/м<sup>3</sup>, с модулем упругости  $E = 1,4 \cdot 10^9$  Па, коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,18$  и коэффициентом звуковых потерь  $\eta = 1,5 \cdot 10^{-2}$ . Скорость звука в воздухе  $c_{в} = 344$  м/с; плотность воздуха  $\rho_{в} = 1,20$  кг/м<sup>3</sup>.

Последовательность этапов расчета:

- поверхностная плотность ограждения:  $m = \rho \cdot h = 1200 \cdot 0,1 = 120$  кг/м<sup>2</sup>.
- цилиндрическая жесткость конструкции:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)} = \frac{1,4 \cdot 10^9 \cdot 0,1^3}{12(1 - 0,18^2)} = 120573 \text{ Па} \cdot \text{м}^3.$$

- критическая частота:

$$f_{кр} = \frac{c_{в}^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{D}} = \frac{344^2}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{120}{120573}} = 594 \text{ Гц,}$$

- тогда звукоизоляция воздушного шума конструкцией:
- - на частоте менее  $f_{кр}$ , например  $f = 500$  Гц:

$$R = 20 \lg \left( \frac{f \cdot m}{F_{и}} \right) - 46,7 = 20 \lg \left( \frac{500 \cdot 120}{0,920} \right) - 46,7 = 49,6 \text{ дБ;}$$

- - на частоте более  $f_{кр}$ , например  $f = 1000$  Гц:

$$R = 20 \lg \left( \frac{\pi \cdot f_{кр} \cdot m}{\rho_{в} \cdot c_{в}} \right) + 30 \lg \frac{f}{f_{кр}} + 10 \lg(\eta) - 3 =$$

$$= 20 \lg \left( \frac{3,14 \cdot 594 \cdot 120}{1,20 \cdot 344} \right) + 30 \lg \frac{1000}{594} + 10 \lg(1,5 \cdot 10^{-2}) - 3 = 40,3 \text{ дБ}$$

Результаты расчетов на границах октавных полос в нормативном диапазоне частот приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Частотная характеристика звукоизоляции однослойного ограждения по Л. Кремеру с учетом геометрических размеров**

Граничные частоты октавных полос, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Функция отклика, $F_u$	0,802	0,873	0,920	-	-	-
Звукоизоляция, дБ	38,7	44,0	49,6	40,3	52,3	61,3

Проведены также расчеты звукоизоляции по закону масс и нормативным графоаналитическим методом по СП 23-103-2003. Частотная характеристика ограждения, рассчитанная по закону масс представлена в таблице 2.

**Таблица 2. Частотная характеристика звукоизоляции однослойного ограждения по закону масс**

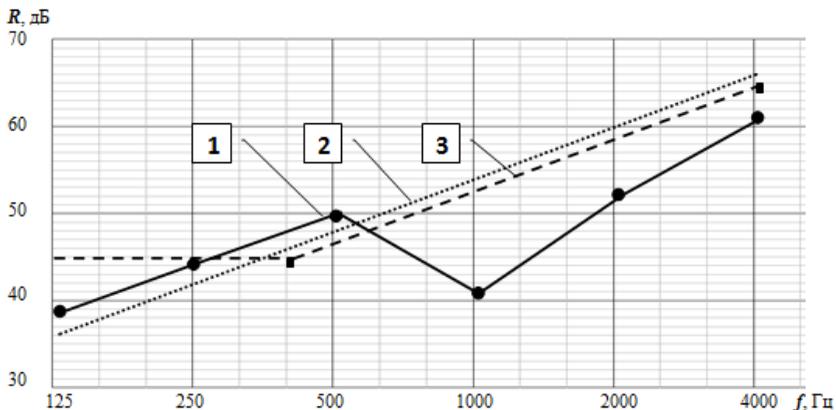
Граничные частоты октавных полос, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Звукоизоляция, дБ	36,0	42,0	48,1	54,1	60,1	66,1

Для графоаналитической частотной характеристики гипсовых плит с плотностью  $1200 \text{ кг/м}^3$  абсцисса точки В равна (с округлением до среднегеометрической третьоктавной полосы):

$$f_B = \frac{35000}{100} = 350 \text{ Гц} \approx 400 \text{ Гц},$$

где 100 – толщина ограждения в мм. Соответственно ордината точки В:  $R_B = 20 \lg(m \cdot k)$ , где  $k$  – табличный коэффициент [1] для гипсовых ограждений с плотностью  $1200 \text{ кг/м}^3$ :  $k = 1,4$ , тогда  $R_B = 20 \lg(120 \cdot 1,4) = 44,5 \text{ дБ}$ .

Рассчитанные тремя методами частотные зависимости приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Частотные зависимости звукоизоляции однослойного ограждения, рассчитанные: 1- методом Л. Кремера; 2 - по закону масс; 3 - графоаналитическим методом**

Из данных таблиц 1, 2 и кривых на рис. 1 видно, что только метод Л. Кремера с учетом геометрических размеров ограждения показывает значительное, на ~10 дБ, уменьшение звукоизоляции в резонансной октавной полосе 500–1000 Гц.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. М.: Госстрой, 2004.
2. *Бобылев В.Н.* Изоляция воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями / В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Мониц. Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. 67 с.

УДК 625.746

## **ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

**Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев**

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются пути решения проблем светового режима зданий, находящихся в уплотненной городской застройке.*

***Ключевые слова:** естественное освещение, инсоляция*

## **INFLUENCE OF SECURED BUILDINGS ON THE LIGHT MODE OF RESIDENTIAL BUILDINGS**

**D.S. Telezhnyak, A.B. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Ways to solve the problems of light regime of buildings located in dense urban development are considered.*

***Keywords:** natural light, insolation*

Современное развитие городских пространств имеет определенные характеристики, которые отличаются от городской архитектуры прошлого. Городские районы очищаются от старых промышленных объектов, полуразрушенных и малоэтажных зданий середины 20-го века. На местах снесенных зданий, не связанных с историко-культурным наследием, реализуются современные проекты высотных зданий и комплексов, точечные застройки территорий в существующих жилых районах. Архитектура жилых и общественных зданий приобретает новые черты: увеличивается этажность, меняется геометрия зданий и пространственные решения квартальной застройки, а современная облицовка фасадов придает строящимся зданиям новый, современный вид [1].

Наряду с несомненно положительными явлениями современного градостроительства существуют и явно отрицательные. Нехватка места для нового строительства, а также постоянный рост цен на землю привели к необходимости более плотной застройки, что имеет различные негативные последствия: застройка дворов, ликвидация детских площадок и спортивных сооружений, несанкционированные парковки и увеличение нагрузки на инженерные сети. В основе всего этого лежит деградация экологических параметров. Самым главным недостатком плотности застройки является нарушение правил естественного освещения и солнечной радиации помещений, которые определяют биологическое качество жизни граждан и состояние их здоровья [2].

Гигиеническая, оздоровительная, экологическая и энергетическая роль естественного света, особенно солнечного, признана во всем мире. Известно, что наличие естественного освещения в жилых помещениях влияет на самочувствие и работоспособность людей. Положительное воздействие непрерывного спектра естественного света не только благотворно влияет на психологическое и физиологическое состояние человека, но и снижает уровень мелатонина (гормона, влияющего на сон) и повышает уровень кортизона, что делает людей активными и энергичными. Использование естественного освещения является важным аспектом энергосбережения [3].

Нормируемой характеристикой естественного освещения является коэффициент естественной освещенности — КЕО, который представляет собой отношение естественного освещения, создаваемого в данной точке в данной плоскости внутри помещения световым люком (прямым или после отражения), к одновременному значению внешнего горизонтального освещения, создаваемого светом полностью открытого неба, выраженное в процентах. Естественную освещенность помещения  $E$  можно представить как сумму освещенностей, создаваемых прямым солнечным светом ( $E_n$ ) и светом, отраженным от внутренних поверхностей помещения, противостоящих зданию и земной поверхности (соответственно,  $E_{вп}$ ,  $E_{зд}$  и  $E_{з}$ ). В условиях уплотненной застройки КЕО в помещениях, частично или полностью затеняемых высотными зданиями, стоящими напротив, становится ниже.

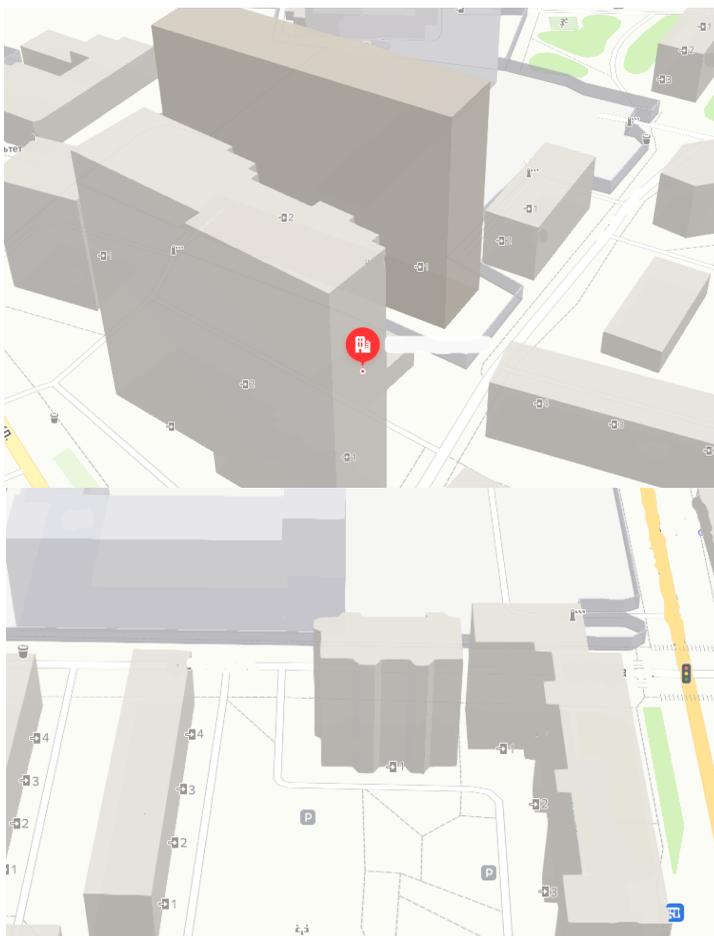
Факторы, влияющие на уровень естественного освещения в уплотненной застройке:

- окна – обычно единственный источник естественного света в жилом помещении. От их размеров, формы, заполнения светопроемов существенно зависит количество поступающего в помещение естественного света;

- этаж, на котором находится помещение, также играет большую роль. На нижние этажи зданий в уплотненной городской застройке практически не попадает прямой свет неба;

- фасады противостоящих зданий.

Ниже представлены примеры проблемных мест в центральных районах одного из областных центров Российской Федерации. На каждом из изображений север находится сверху.



**Рис. 1. Примеры уплотненной городской застройки**

Для нижних этажей зданий, приведенных на рис. 1, нормы по инсоляции и естественной освещенности не выполняются (обозначенные в СанПиН 1.2.3685-21 [4] нормы продолжительности непрерывной инсоляции равны 2 часам в сутки).

В качестве возможного варианта решения проблемы светового режима жилых зданий могут быть применены различные варианты световодов (полый или оптический), а также светоотражающие панели и краски с высоким коэффициентом отражения света.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Слукин В.М.* Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке / В.М. Слукин, Л.Н. Смирнов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 4. С. 75–77. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17244696\\_96805398.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17244696_96805398.pdf).
2. *Слукин В.М.* Проблемы естественного освещения помещений в уплотненной городской застройке / В.М. Слукин, Е.С. Симакова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 56–60. URL: [http://archvuz.ru/2009\\_4/10/](http://archvuz.ru/2009_4/10/)
3. *Блинов В.А.* Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях/ В.А. Блинов, Л.Н. Смирнов, В.В. Блинов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 2. С. 30–33. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17852882\\_19160897.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17852882_19160897.pdf)
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://tk-servis.ru/lib/861>.

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

**Н.В. Карсаков, А.Б. Лебедев**

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована эффективность применения шумоизоляционных материалов в производственных помещениях, рассмотрены варианты шумоизоляции.*

**Ключевые слова:** шумоизоляционные материалы, борьба с шумом, эффективность звукопоглощения

## **ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF NOISE PROTECTION IN PRODUCTION FACILITIES**

**N.V. Karsakov, A.B. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The efficiency of the use of soundproofing materials in industrial premises is investigated, the variants of soundproofing are considered.*

**Keywords:** soundproofing materials, noise control, efficiency of sound reduction

За последние десятилетия проблема борьбы с шумом в России и других странах стала одной из важнейших. Внедрение в промышленность новых технологических процессов, рост мощности и быстроходности технологического оборудования, механизация производственных процессов привели к тому, что человек на производстве и в быту постоянно подвергается воздействию шума высоких уровней.

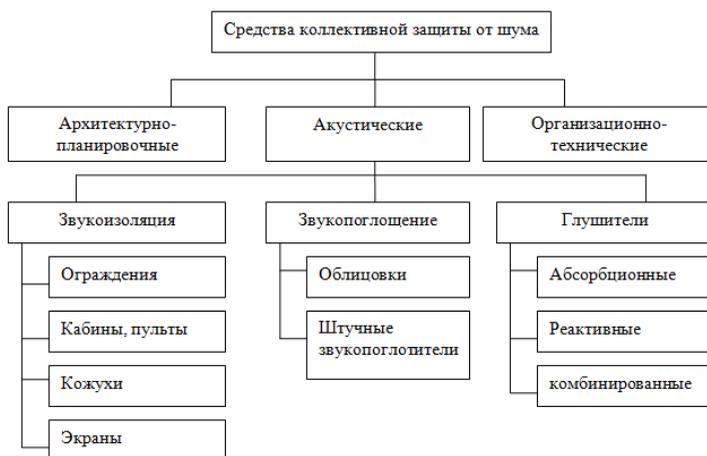
Звукоизоляция производственных помещений является обязательным мероприятием при соблюдении норм и правил по охране труда. Работаемое промышленное оборудование (двигатели, насосы, компрессоры)

ры, станки и так далее) создают огромное количество вибраций и колебаний, зачастую превышая все допустимые нормы и оказывая негативное влияние на здоровье человека.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [1] к звукоизоляции производственных помещений предъявляются особые требования, определяя максимально допустимый уровень шума для различных цехов и участков. Например, на рабочих местах в цехах он должен составлять не более 80 дБ, в исследовательских лабораториях не более 60 дБ, в помещениях административно-управленческого персонала не более 50 дБ. Отсутствие звуко-шумопоглощающих материалов в производственных помещениях, высокие потолки способствуют многократному преумножению, усилению и отражению звука [2].

Проблема снижения шума на производстве включает заключается в снижении шума на рабочих местах, территории предприятия и прилегающей к нему селитебной территории.

К средствам коллективной защиты относятся борьба с шумом в источнике его образования (то есть за счет создания малошумного оборудования и использования его в технологическом процессе производства) и борьба с шумом на пути его распространения (рис. 1).



**Рис. 1. Средства коллективной защиты от шума**

Наиболее перспективным направлением снижения шума является создание малошумных машин, оборудования и средств транспорта. Поэтому технически обоснованное ограничение шумовых характеристик машин непосредственно как источников шума имеет первостепенное

значение. Технически обоснованные шумовые характеристики машин и оборудования являются важным показателем качества, позволяют прогнозировать уровни шума на рабочих местах и уже на стадии проектирования технологических процессов и производственных зданий принимать меры по снижению шума до уровней, регламентированных санитарными нормами. Этот путь достаточно сложный и не всегда приносит ожидаемый результат.

К числу основных строительно-акустических мероприятий по снижению уровня звукового давления в цехах относятся:

- установка звукоизолирующих полукожухов, кожухов и кабин закрытого и полукрытого типов для оператора, звукоизолирующих укрытий для вспомогательного персонала, а также кабин для отдыха и дистанционного управления (эффективность достигает 30-45 дБ);

- рациональная планировка помещений и размещение шумящего оборудования;

- акустическая звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов помещений, установка кулисных звукопоглотителей в зоне работы оборудования (эффективность достигает 5-15 дБ);

- установка акустических экранов у наиболее интенсивных источников шума (эффективность достигает 10-20 дБ);

- устройство вибропоглощающих покрытий (эффективность достигает 15 дБ);

- средства индивидуальной защиты (эффективность достигает 7-38 дБ);

- активное шумоподавление (эффективность достигает 30 дБ)[3].

Акустические экраны в промышленных цехах целесообразно применять для уменьшения интенсивности прямого звука, либо изоляции наиболее шумного оборудования или целых участков от соседних рабочих мест или рабочих мест остальной части помещения [4].

Виброизолирующие основания под оборудование, плавающий фундамент и виброизолированная плита рабочего места должны обеспечивать акустическую виброизоляцию в пределах, указанных в нормах.

При бесфундаментной установке оборудование монтируют на упругих виброизолирующих опорах. При этом способе установки машин не требуется возводить специальные фундаменты, производить трудоемкую операцию по выверке, изготавливать анкерные и другие крепления машин к фундаменту; кроме того, отпадает процесс подливки цементного раствора. В результате в несколько раз уменьшается время монтажа и значительно сокращаются материальные затраты.

Для борьбы с шумом используют также подвесные или штучные звукопоглотители, кубической или конической формы, выполненные из перфорированной фанеры, пластмассы, металла, заполненных пористым

звукопоглощающим материалом. Эффективность звукопоглощения оценивается площадью звукопоглощения. Одним из направлений звукоизоляции является применение звукоизолирующих кабин, позволяющих дистанционно управлять производством. В качестве звукоизолирующих кабин рекомендуется использовать типовые стационарные железобетонные кабины для санузла жилых зданий. Их устанавливают непосредственно на пол на резиновых амортизаторах. Внутри проводят облицовку звукопоглощающими плитами и производят двойное остекление.

При выборе формы и объема помещения следует отдавать предпочтение вытянутой форме и плоскому звукопоглощающему потолку с минимально необходимой высотой. При проектировании производственных помещений необходимо помнить, что с увеличением объема помещения уменьшается уровень шума [5].

Интересным и принципиально новым методом снижения шума является активное шумоподавление — этот метод, связан с созданием «антизвука», т.е. созданием равного по величине и противоположного по фазе звука. В результате интерференции основного звука и «антизвука» в некоторых местах шумного помещения можно создать зоны тишины. В месте, где необходимо уменьшить шум, устанавливается микрофон, сигнал от которого усиливается и излучается определенным образом расположенными динамиками. Уже разработан комплекс электроакустических приборов для интерференционного подавления шума.

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты и другие средства не обеспечивают снижение шума до допустимых уровней. Они подразделяются на протипошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; «беруши»; шлемы и каски; противошумные костюмы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные нормы 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
2. Шумоизоляция промышленных URL: <https://shumoizolyatsiya.org/shumoizolyatsiya-proizvodstvennyh-pomeshchenij>.
3. Борьба с шумом в деревообрабатывающем производстве URL: [https://revolution.allbest.ru/life/00680011\\_0.html#text](https://revolution.allbest.ru/life/00680011_0.html#text).
4. *Соколов Г.А.* Борьба с шумом в деревообрабатывающей промышленности. М.: Лесная промышленность, 1974. 144 с.
5. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Г.Л.Осипов, В.Н.Бобылев, Л.А.Борисов и др.; под ред. Г.Л.Осипова, В.Н.Бобылева. М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004. 450 с.

УДК 691

## КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ДИСПЕРСНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ КРОВЕЛЬ

**А.А. Баруздин, А.Б. Лебедев**

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована кинетика естественной конвективной сушки на открытом воздухе дисперсных материалов для утепления кровель.*

**Ключевые слова:** дисперсные утеплители, кровля, конвективная сушка

## CONVECTIVE DRYING OF DISPERSED ROOF INSULATION

**A.A. Baruzdin, A.B. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The kinetics of natural convective drying in the open air of dispersed materials for insulation of roofs is investigated.*

**Keywords:** dispersed insulation, roofing, convective drying

Влага в дисперсных теплоизоляционных материалах может находиться как в относительно свободном состоянии в межзерновом пространстве, так и в связанном виде в капиллярных порах зерен. При естественной сушке влажного капиллярно-пористого материала различают два периода [1]: период постоянной скорости сушки, заканчивающийся при удалении из межзерновых пустот свободной влаги, и период падающей скорости сушки, в котором из капилляров зерен удаляется связанная влага.

Интенсивность испарения влаги в этих периодах оценивают скоростью сушки [1]:

$$J = \left( \frac{dW}{d\tau} \right) \frac{\rho_0}{100 M}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}},$$

где  $W$  – влажность дисперсного материала, %,  $dW/dt$  – скорость сушки в данном периоде, %/ч;  $\rho_0$  – средняя плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $M$  – модуль поверхности образца, м<sup>-1</sup>.

В настоящей работе исследовали сушку на открытом воздухе образцов четырех зернистых утеплителей с размером зерен 5–10 мм и одного волокнистого утеплителя – минераловатной плиты. Сухие утеплители укладывали слоем толщиной 5 см в пластмассовые лотки и насыщали водой в течение 7 суток до полного заполнения межзерновых пустот и пор в зернах. Физические показатели образцов приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Свойства образцов дисперсных кровельных утеплителей**

Утеплитель	Плотность слоя сухого утеплителя, кг/м <sup>3</sup>	Начальная влажность слоя утеплителя, %
Минераловатная плита	125	687
Керамзитовый гравий	593	95
Дробленый керамический кирпич	941	75
Дробленый пенобетон	452	142
Топливный шлак	2055	57

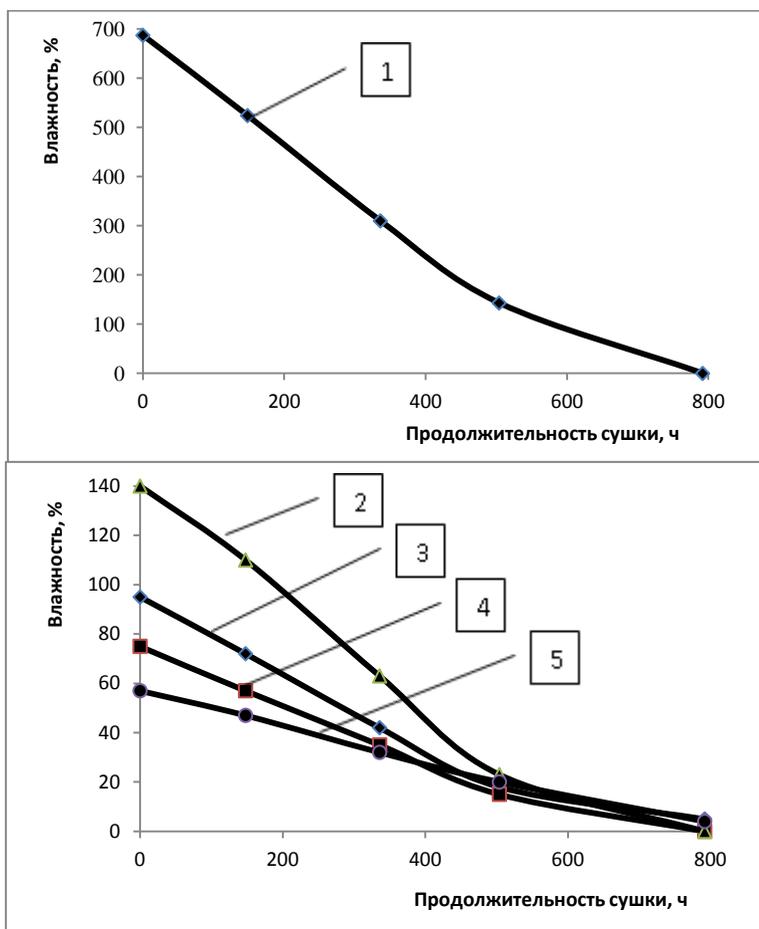
Сушку дисперсных материалов проводили при температуре 20 °С с модулем открытой поверхности  $M = 0,20$  в условиях естественной конвекции воздуха с относительной влажностью 60–65%. На рис. 1 приведены кривые конвективной естественной сушки образцов, по которым в точке перегиба определяли критическую влажность и продолжительность периодов постоянной и падающей скорости.

Результаты расчетов интенсивности естественной сушки в периодах постоянной и падающей скорости и критической влажности стеновых материалов приведены в таблице 2.

По результатам таблицы 2 полученные значения критической влажности слоев дисперсных утеплителей намного превышают значение нормативной равновесной влажности 3–5% для неорганических материалов ограждений для условий эксплуатации Б по Приложению Т.2 СП 50.13330.2012 [2].

По СП 17.13330.2017 [3] одним из способов осушения кровель с дисперсным утеплителем является установка металлических труб-аэраторов с заглублением до цементной стяжки, один аэратор диаметром 100 мм осушает кровлю на площади 80–90 м<sup>3</sup> и продолжительность сушки с превышением влажности утеплителя на 20–40% составляет 3–6 летних сезонов. При влажности утеплителя около и более 100% вскрывают кровлю, полностью демонтируют гидроизоляционный ковер, укрывают

теплоизоляционный слой от атмосферных осадков и сушат в течение лета.



**Рис. 1. Кривые естественной сушки дисперсных кровельных утеплителей:**  
утеплитель: 1 – минераловатная плита; 2 – дробленый пенобетон;  
3 – керамзитовый гравий; 4 – дробленый керамический кирпич;  
5 – топливный шлак

**Таблица 2. Параметры естественной сушки дисперсных утеплителей**

Утеплитель	Интенсивность сушки, кг/(м <sup>2</sup> ·ч) в периоде скорости		Критическая влажность, %
	постоянной	падающей	
Минераловатная плита	0,056	0,026	143
Керамзитовый гравий	0,045	0,014	18
Дробленый керамический кирпич	0,055	0,024	15
Дробленый пенобетон	0,053	0,017	23
Топливный шлак	0,036	0,027	20

Пусть выполнена кровля площадью 900 кв.м с теплоизоляционным слоем керамзитового гравия толщиной 0,3 м. При объеме полностью промоченного утеплителя  $V = 900 \cdot 0,3 = 270 \text{ м}^3$  с модулем поверхности  $M = 900/270 = 3,33 \text{ м}^{-1}$  и с предельной нормативной влажностью утеплителя 8% (3% равновесная +5% допустимое приращение по СП 50.13330.2012) продолжительность сушки при 20 °С от 95%-ной влажности в периоде постоянной скорости составит

$$d\tau = \left(\frac{\Delta W}{J}\right) \frac{\rho_0}{100 M} = \frac{(95 - 8) \cdot 593}{0,045 \cdot 100 \cdot 3,33} = 3686 \text{ ч} = 154 \text{ сут.} = 5,1 \text{ мес.}$$

Для северных районов и средней полосы Российской Федерации с учетом среднемесячной температуры наружного воздуха и атмосферных осадков, рассчитанного времени естественного удаления избыточной влаги будет недостаточно для просушки кровли в летний период года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лыков А.В.* Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М.: Минстрой России, 2012. 96 с.
3. СП 17.13330.2017. Кровли. М.: Минстрой России, 2017. 60 с.

## **ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ В ЗДАНИЯХ г. ЯРОСЛАВЛЯ**

**Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев**

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются пути решения проблем светового режима зданий г. Ярославля, находящихся в уплотненной городской застройке.*

*Ключевые слова: естественное освещение, инсоляция*

## **IMPACT OF DENSIFIED BUILDINGS ON THE LIGHT REGIME IN THE BUILDINGS OF YAROSLAVL**

**D.S. Telezhnyak, A.B. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Ways to solve the problems of light regime of buildings in Yaroslavl, located in dense urban development.*

***Keywords:** natural light, insolation*

Современная застройка городских пространств имеет ряд особенностей, которые отличаются от градостроительной архитектуры прошлого. Территории внутри городов освобождаются от старых промышленных предприятий, а также от ветхой и малоэтажной застройки середины XX в. На местах снесенной застройки, не относящейся к историко-культурному наследию, воплощаются современные проекты многоэтажных зданий и комплексов, объекты точечной застройки в существующих жилых кварталах. Архитектура зданий жилой и общественной среды приобретает новые черты: увеличивается этажность, изменяются геометрия зданий и объемно-пространственные решения застройки квартала, а современная отделка фасадов придает возведенным зданиям новый, современный облик [1].

Наряду с безусловно положительными явлениями, происходящими в современной городской застройке, отмечаются и явно отрицательные. Нехватка площадей для нового строительства при постоянном удорожании земли вызывает необходимость уплотнения застройки, что приводит к целому ряду негативных последствий: застройка дворовых пространств, ликвидация детских и спортивных площадок, появление стихийных автомобильных стоянок, увеличение нагрузок на коммунальные сети. За всем этим стоит ухудшение экологических параметров среды. Наиболее существенным недостатком уплотнения застройки является нарушение нормативных показателей естественного освещения и инсоляции помещений, определяющих биологические качества жизни горожан и состояние их здоровья [2].

Во всем мире признана гигиеническая, оздоровительная, экологическая и энергетическая роль естественного света, особенно солнечного. Известно, что наличие естественного света в квартирах влияет на самочувствие и работоспособность человека. Положительное воздействие непрерывного спектра естественного света не только оказывает благоприятное воздействие на психологическое и физиологическое состояние человека, но снижает уровень мелатонина (гормона, влияющего на сон), увеличивает уровень кортизона, способствующего активности и бодрости людей. Использование естественного света — существенный аспект энергосбережения [3].

Нормируемой характеристикой естественного освещения является коэффициент естественной освещенности – КЕО, равный процентному отношению освещенности в данной точке внутри помещения  $E$  к одновременному значению наружной освещенности, создаваемой рассеянным светом всего небосвода на открытой горизонтальной площадке. Естественную освещенность помещения  $E$  можно представить как сумму освещенностей, создаваемых прямым светом неба ( $E_n$ ) и светом, отраженным от внутренних поверхностей помещения, противостоящих зданий и поверхности земли (соответственно  $E_{вп}$ ,  $E_{зд}$  и  $E_3$ ).

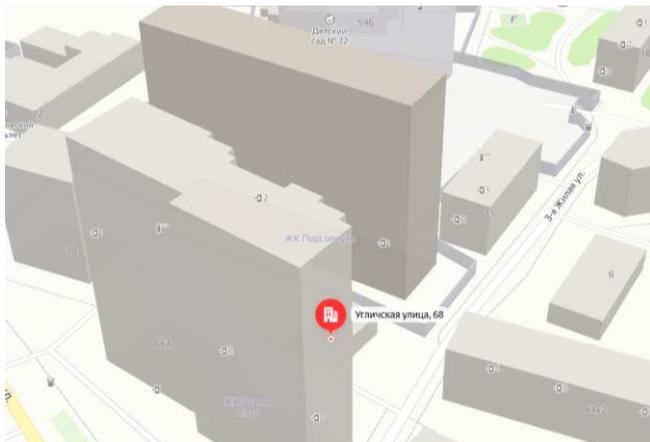
В условиях уплотненной застройки КЕО в помещениях, частично или полностью затеняемых стоящими напротив высотными зданиями, становится существенно ниже. Рассмотрим возможные пути увеличения естественной освещенности помещений.

Факторы, влияющие на уровень естественного освещения в уплотненной застройке:

- окна – важная часть наружных ограждающих конструкций. От их размеров, формы, заполнения светопроемов существенно зависит количество поступающего в помещение естественного света;

- этаж, на котором находится помещение, также играет большую роль. На нижние этажи зданий в уплотненной городской застройке практически не попадает прямой свет неба;
- фасады противостоящих зданий.

Ниже представлены примеры проблемных мест в центральных районах города Ярославля. На каждом из изображений север находится сверху.



**Рис. 1. Пример уплотненной городской застройки по адресу Угличская улица, д. 68 [4]**

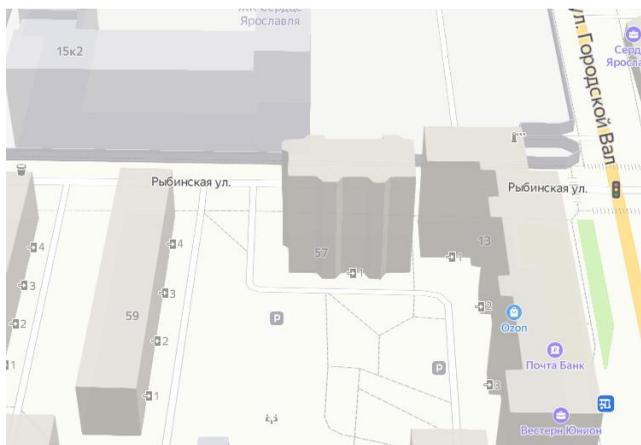


**Рис. 2. Фотография административного здания по адресу Угличская улица, д. 68, от 27 июля [4]**



**Рис. 3. Фотография административного здания по адресу Угличская улица, д. 68, от 27 июля [4]**

Для нижних этажей здания по адресу Угличская улица, д. 68, не выполняются обозначенные в СанПиН 1.2.3685-21 [5] нормы продолжительности непрерывной инсоляции, равные 2 часам в сутки.



**Рис. 4. Пример уплотненной городской застройки по адресу Рыбинская улица, д. 57 [4]**



**Рис. 5. Фотография жилого дома  
по адресу Рыбинская улица, д. 57 [4]**

На рис. 5 показана северная сторона жилого дома по адресу Рыбинская улица, д. 57. Ориентация здания и отсутствие построек, отражающих естественный свет на его северную сторону, позволяют сделать вывод о отсутствии естественного света в квартирах, окна которых выходят на северную сторону.

В качестве возможного варианта решения проблемы светового режима зданий в г. Ярославле могут быть применены различные варианты световодов (полый или оптический), а также светоотражающие панели и краски с высоким коэффициентом отражения света.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Слукин В.М.* Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке / В.М. Слукин, Л.Н. Смирнов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 4. С. 75–77. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17244696\\_96805398.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17244696_96805398.pdf) (дата обращения 10.02.2022).
2. *Слукин В.М.* Проблемы естественного освещения помещений в уплотненной городской застройке / В.М. Слукин, Е.С. Симакова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 56–60. URL: [http://archvuz.ru/2009\\_4/10/](http://archvuz.ru/2009_4/10/) (дата обращения 10.02.2022).

3. *Блинов В.А.* Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях / В.А. Блинов, Л.Н. Смирнов, В.В. Блинов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 2. С. 30–33. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17852882\\_19160897.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17852882_19160897.pdf) (дата обращения 10.02.2022).
4. Яндекс.Карты – транспорт, навигация, поиск мест. URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения 10.02.2022).
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://tk-servis.ru/lib/861> (дата обращения 10.02.2022).

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ**

**С.А. Манухина, А.А. Лучкина, А.Н. Басов**

Научный руководитель – **А.Н. Басов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Проведена оценка технологии возведения монолитных железобетонных фундаментов с применением опалубочной системы из композитного материала.*

***Ключевые слова:** опалубка, фундаменты, технологическая карта, строительные процессы, трудозатраты*

## **TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FOUNDATIONS WITH THE USE OF INNOVATIVE FORMWORK SYSTEMS**

**S.A. Manukhina, A.A. Luchkina, A.N. Basov**

Scientific Supervisor – **A.N. Basov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The technology of construction of monolithic reinforced concrete foundations with the use of a formwork system made of composite material has been evaluated.*

***Keywords:** formwork, foundations, technological map, construction processes, labor costs*

Цель исследования: определить наиболее рациональную опалубочную систему для возведения монолитных железобетонных фундаментов, которая позволит увеличить скорость сборки и разборки, уменьшить трудоёмкость, сократить продолжительность работ.

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Проанализировать технологические особенности и опыт российского и зарубежного возведения монолитных железобетонных фундаментов.

2. Предложить решения по компоновке щитов опалубки.
3. Сравнить часто используемые опалубки и сделать вывод о рациональности использования.
4. Разработать технологическую карту на возведение монолитных фундаментов.

Методы исследования - дедукция, факторный анализ, сравнение.

Объектом исследования является опалубка PERI DUO.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Предложены и обоснованы нормы времени для возведения опалубок.
2. Предложена методика возведения опалубки без использования крана, что заметно упрощает процесс возведения.
3. Предложен вариант бесшумной сборки элементов на примере опалубки PERI DUO, что позволяет выполнять работу без применения молотка.
4. Методика возведения уменьшает риск опасных случаев на производстве.
5. Использован материал для опалубки, который на 100% пригоден для дальнейшей переработки. Отработанный материал может использоваться для производства новой продукции, поддерживая безотходное производство.

Ход работы:

Было рассмотрено одноэтажное двухпролётное промышленное здание в городе Ярославль. Размеры в осях 1-8 составляют 84 м; в осях А-В составляют 48 м. Шаг колонн 12 м, пролет 24 м. Главной задачей было составить технологическую карту на возведение монолитного фундамента.

В комплекс процессов, рассматриваемых картой, входят: устройство бетонной подготовки; монтаж опалубки; армирование фундамента; бетонирование фундаментов с помощью крана и неповоротного бункера, демонтаж опалубки, уход за бетоном в процессе набора прочности.

Были выполнены следующие виды документов, расчётов и решений:

1. Ведомость подсчета объемов работ.
2. Ведомость грузозахватных, грузоподъемных устройств.
3. Расчет требуемых технических параметров грузоподъемных машин с выбором их марки.
4. Ведомость основных строительных машин и механизмов.
5. Калькуляция трудовых затрат.

6. Расчет численного, профессионального и квалификационного состава комплексной бригады рабочих.
7. График производства работ.
8. Указания по технике безопасности при производстве работ.
9. Технические критерии качества, средства и методы контроля операций и процессов.
10. Ведомость материалов, полуфабрикатов, арматурных изделий для возведения фундаментов.
11. Ведомость потребности в элементах опалубки PERI DUO.
12. Ведомость потребности в ручном инструменте, инвентаре, средствах малой механизации.
13. Техничко-экономические показатели.
14. Технологическая схема подачи бетонной смеси

Все виды документов были проанализированы и сведены в сравнительную таблицу основных параметров опалубок PERI DUO и PERI TRIO.

**Таблица 1. Основные параметры опалубок**

PERI TRIO	PERI DUO
Масса самого тяжелого элемента: 111,6 кг	Масса самого тяжелого элемента: 24,9 кг
Материал: сталь 10	Материал: композитный материал на полимерной основе
Сборка при помощи молотка	Бесшумная сборка без использования молотка
Переработка не возможна	Все элементы на 100% пригодны для дальнейшей переработки
Время производства работы 9,2 дня	Время производства работы 8 дней

Результаты:

По данным, полученным к анализу от официальных представителей PERI в РФ, применение опалубки PERI DUO обеспечивает скорость сборки в среднем 0,15 чел-ч/кв. м. В результате разработки технологической карты было установлено, что опалубка в своём монтаже может требовать кран меньшей грузоподъемности. Возможен полный отказ от крана благодаря меньшему весу элементов опалубки.

**Таблица 2. Трудозатраты на установку и демонтаж систем опалубки**

Система опалубки	Сложность возводимой конструкции здания	Установка, чел-ч/ кв м.	Демонтаж, чел-ч/ кв м.	Численность звена рабочих, чел.
PERI TRIO	Простая	0,25	0,2	4
	Средняя	0,4	0,25	4/6
	Сложная	0,5	0,25	4/6
PERI DUO	Простая	0,15	0,15	4
	Средняя	0,3	0,2	4/6
	Сложная	0,4	0,2	4/6

#### Заключение

На основании факторного анализа применения опалубки PERI DUO при возведении фундаментов в сравнении с опалубкой PERI TRIO были выявлены следующие преимущества:

1. Масса щитов опалубки, без учетов элементов крепления, PERI DUO на один фундамент в 3 раза меньше в сравнении с PERI TRIO;
2. Масса опалубки с учётом элементов крепления PERI DUO в 2 раза меньше в сравнении с PERI TRIO;
3. Уменьшение затрат труда на устройство опалубки от 25 до 70%;
4. Уменьшение продолжительности производства работ на 15%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 70.13330.2012. Актуализированная редакция «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» (с изменениями № 1, № 3). Утв. приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. N 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г.
2. TRIO ST Рамная стеновая опалубка TRIO серия Стандарт: иллюстрированный каталог. 2018. 56 с.

УДК 547-327

## РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПРОПЕЛЯ

**И.А. Багров, В.М. Дудин**

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*На основе использования новых методических рекомендаций ОДМ 218.6.1.005-2021 выполнен подбор состава асфальтогранулобетонной смеси при использовании холодного ресайклинга на малую глубину.*

**Ключевые слова:** ремонт автомобильных дорог с использованием технологии холодного ресайклинга, виды вяжущих для технологии холодного ресайклинга, достоинства и недостатки различных видов вяжущего

## REPAIR OF THE ROAD BY THE METHOD OF COLD REGENERATION USING SAPROPEL

**I.A. Bagrov, V.M. Dudin**

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

Yaroslavl State Technical University

*Based on the use of new methodological recommendations ODM 218.6.1.005-2021, the composition of the asphalt granular concrete mixture was selected using cold recycling to a shallow depth.*

**Keywords:** repair of roads using cold recycling technology, types of binders for cold recycling technology, advantages and disadvantages of various types of binders

Для проведения ремонтов требуются очень большие финансовые средства, а их, как правило, недостаточно, остро встает вопрос о внедре-

нии инноваций для уменьшения стоимости ремонтов и капитальных ремонтов без потери качества при проведении этих работ.

Для восстановления верхнего слоя асфальтобетонных покрытий все более широкое применение находит технология, основанная на регенерации покрытий.

Существующие слои асфальтобетонных покрытий на дорогах являются ценным материалом, который можно и нужно использовать повторно. В случаях, когда несущая способность основания дорожной одежды сохранена, либо не соответствует нормативному значению менее чем в 1,5-2 раза, возможно проведение капитального ремонта с использованием регенерации асфальтобетонного покрытия.

Удешевление стоимости при использовании регенерации покрытия происходит без потери качества покрытия, за счет эффективного повторного использования материалов существующей дорожной одежды и внедрения энергосберегающих технологий ремонта дорожной одежды автомобильных дорог.

Наиболее предпочтительным является метод холодной регенерации.

Данный метод ремонта покрытий является современным, хорошо зарекомендовавшим себя у дорожных организаций, способом и единственным в своем роде, поскольку обеспечивает восстановление основания дорожной одежды методом, позволяющим повторное использование материала старого покрытия. Применение данного метода позволяет сократить сроки реконструкции, ремонта, существенно снизить затраты. Производство работ методом холодной регенерации осуществляется без остановки движения.

Суть технологии заключается в измельчении и перемешивании существующего асфальтобетонного покрытия и слоя нижележащего материала с добавлением связующих материалов с целью получения прочного, однородного дорожного основания. На это основание впоследствии укладывается новое асфальтобетонное покрытие. В результате получается новая дорога с улучшенными физико-механическими характеристиками.

В качестве добавки для модифицирования связующего наиболее рациональным будет применение в качестве минерального порошка местного строительного материала – сапропеля, 250 млн. кубометров которого накопилось в оз. Неро в Ярославской области.

Для примера рассмотрим две смеси. Первой будем асфальтобетонная смесь с применением активированного угольного порошка в качестве структурирующей добавки для модифицирования связующего - гудрона при производстве асфальтобетонной смеси при следующем соотношении компонентов, % мас.: щебень – 83; гудрон – 7; бурый уголь – 10 [1].

Асфальтобетонные смеси на основе гудрона получены путем смешения компонентов в лопастном смесителе при скорости вращения ротора 50 об/с. В предварительно нагретый при 110 °С и измельченный известняковый щебень вводится связующая композиция. Технология получения связующей композиции заключается в высушивании при 110 °С диспергированных бурых углей и последующем соединении с предварительно нагретым при 90 °С гудроном.

К недостатку этой технологии следует отнести несоответствие требованиям ГОСТ 9128-2009 показателей механических характеристик.

Вторая асфальтобетонная смесь с использованием в качестве связующего битум БНД 90/130 и в качестве модифицированной добавки механоактивированный сапропель при следующем соотношении компонентов, % мас.: битум - 6,3; механоактивированный уголь - 0,7; щебеночная мелкозернистая смесь - 93.

Однако выбранный битум имеет недостаточную трещиностойкость, нетеплостоек, неэластичен и не обладает требуемой адгезией к поверхности минеральных материалов кислых пород [2].

С целью улучшения качества битума и адгезионной способности системы «уголь-связующее» предлагается введение в битум в качестве структурно-активной добавки активированного сапропеля.

Предпосылкой использования дисперсного органо-минерального материала в качестве модифицирующей добавки для битума, помимо обширной сырьевой базы и дешевизны, явились его специфические свойства, обусловленные его повышенной удельной поверхностью, развитой поровой структурой, а также высокими адсорбционными характеристиками[3].

Сапропель перед смешением с битумом (нефтяным связующим) высушивается при 110 °С для удаления части остаточной воды и подвергается механической активации на планетарной мельнице с частотой вращения водила 630 об/мин и барабана 1290 об/мин в течение двух минут для диспергирования и повышения адсорбционной способности. В предварительно нагретый при 110 °С и измельченный известняковый щебень (размер фракции 0–5 мм) вводится приготовленная связующая композиция, и смесь перемешивается при заявляемых отношениях при температуре 140–150 °С до образования однородной смеси.

Прочность при сжатии образцов предложенного состава выше примерно в 1,5-3 раза, по сравнению с асфальтобетонными смесями известных составов и прототипа. Полученный асфальтобетон обладает улучшенным комплексом прочностных свойств при дешевизне производства [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буренина О.Н.* Влияние органо-минеральных добавок на свойства связующего и асфальтобетона / О.Н. Буренина, Л.А. Николаева, В.Е. Копылов // Сб. тр. междунауч.-практ. конф. «Высокие технологии, фундаментальные исследования, экономика». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. Т. 2. С. 361-365.
2. *Гохман Л.М.* Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон. М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. 117 с.
3. *Николаева Л.А.* Брикетирование бурого угля с использованием модифицированного гудрона: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Иркутск, 2011. 135 с.
4. Асфальтобетонная смесь. URL: [https://i.moscow/patents/RU2515840C1\\_20140520](https://i.moscow/patents/RU2515840C1_20140520) (дата обращения 28.02.22).

УДК 625.7(470.316)

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ОБХОДА г. ЯРОСЛАВЛЯ**

**А.А. Баласанян, А.В. Калинин**

Научный руководитель – **А.В. Калинин**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются возможные варианты трассирования новой юго-западной обходной автомобильной дороги для г. Ярославля.*

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, технико-экономические показатели*

## **TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF OPTIONS OF THE SOUTH-WESTERN RING ROAD OF YAROSLAVL CITY**

**A.A. Balasanyan, A.V. Kalinin**

Scientific Supervisor – **A.V. Kalinin**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses possible options for routing a new south-western ring road of Yaroslavl city.*

***Keywords:** road, technical and economic indicators*

По федеральному проекту «Развитие федеральной магистральной сети», реализуемому в рамках национального проекта «Безопасные качественные автомобильные дороги», по состоянию на 2021 г. построено и реконструировано 282 км автомобильных дорог, до 2024 года запланированы работы по 944 км [1]. Важное место занимает строительство обходных дорог в обход населенных пунктов.

Автомобильная дорога М-8 «Холмогоры» Москва-Ярославль-Вологда-Архангельск протяженностью более 1157 км проходит через Владимирскую, Московскую, Вологодскую, Ярославскую и Архангельскую области. Участок трассы от Москвы до Ярославля входит в состав европейского маршрута Е 115. Участки дороги имеют категории от I до

IV. Дорога отличается высокой интенсивностью движения, в связи с чем производится постепенное улучшение ее транспортно-эксплуатационных характеристик.

На сегодняшний день федеральная трасса М-8 «Холмогоры» имеет разрыв по границам города Ярославля, и весь транзитный поток из Москвы в Архангельск следует по региональным автодорогам: обходу города Ярославля с мостом через реку Волгу «Юбилейный» (протяженность 8,7 км) и Юго-Западной окружной дороге города Ярославля (протяженность 11,1 км).

Включение Юго-Западной окружной автомобильной дороги, сохранившей региональный статус, в транзитный маршрут федеральной трассы М-8 «Холмогоры» связано со строительством Юбилейного моста (открыт в 2006 г.) и устройством подходов к нему (закончены в 2010 году). Новый участок дороги категории IV получил наименование «Обход г. Ярославля с мостом через р. Волгу». Формирование данного маршрута позволило направить транзитный транспорт в обход центра города, сняв часть нагрузки с его улично-дорожной сети и Октябрьского моста.

Однако на сегодняшний день Юго-Западная автомобильная дорога справляется с потоком транспорта на пределе своих возможностей. Ширины и числа полос проезжей части дороги недостаточно для пропуска потока автотранспорта, как грузового, для которого эта дорога – единственный путь (движение грузового транспорта по Московскому проспекту запрещено), так и личного, а также пассажирского, в связи расширением города Ярославля и развитием расположенных в непосредственной близости от дороги населенных пунктов. При этом участок дороги от Московского проспекта до ул. Большие Полянки проходит вдоль густонаселенных жилых кварталов и фактически играет роль городской улицы. При этом большое количество поворачивающего транспорта, особенно выполняющего левый поворот при движении со стороны Москвы, ведет к затруднениям в движении, характерным для указанного участка, наиболее остро выраженным в «часы пик».

Для обеспечения безопасного и удобного движения общественного и личного транспорта, а также бесперебойного транзита грузового транспорта, обслуживания и развития прилегающей к дороге территории требуется принятие мер, направленных на повышение пропускной способности автомобильной дороги или строительство альтернативного маршрута для транзитного транспорта. Учитывая окончание строительства обхода г. Вологды, а также наличие обходов других городов, расположенных на трассе М-8 (Переславля-Залесского, Ростова, Данилова, Грязовца, Вельска), актуальным является вопрос совершенствования обхода г. Ярославля.

Расчет интенсивности движения, проведенный на участке Юго-Западной автомобильной дороге, показал, что окружная дорога должна иметь I техническую категорию с 4 полосами для движения.

Рассмотрим 5 вариантов юго-западного обхода г. Ярославля, трассирование которых основано на открытых общедоступных документах градостроительного планирования города и публикациях средств массовой информации по рассматриваемой теме, а также предложениях авторов исследования:

1) транспортная развязка в районе пересечения Московского шоссе и Юго-Западной окружной дороги [2];

2) юго-западный обход Ярославля с выходом на автомобильную дорогу Р-151 «Ярославль - Рыбинск». Предполагается, что он будет начинаться в районе базы отдыха Белкино, обходить Ярославль и выходить на дорогу Ярославль - Рыбинск примерно у поворота на полигон Скоково [3];

3) организация автодорожного обхода Ярославля по существующей дорожной сети регионального значения, в частности, автомобильной дороге Тутаев - Шопша» [4];

4) дополнительный вариант, предлагаемый авторами данного исследования, основанный на варианте 4;

5) дополнительный вариант, предлагаемый авторами данного исследования, основанный на варианте 2.

При проложении трасс руководствовались следующими условиями:

- минимально возможная длина трассы;
- прохождение в обход всех населенных пунктов;
- минимальное количество пересечений с другими автомобильными дорогами и водотоками;
- минимальная площадь занимаемых земель, отсутствие необходимости изъятия обрабатываемых сельскохозяйственных земель и лесов;
- сохранение дорожной сети местного значения.

В зависимости от условий проложения каждого варианта приняты категории дороги IB или IB. Основные технические требования приняты по нормативам СП 34.13330.2021 [5]. Оценочный расчет стоимости каждого варианта произведен по укрупненным нормативам цены строительства НЦС 81-02-08-2021 Автомобильные дороги [6] и НЦС 81-02-09-2021 Мосты и путепроводы [7].

Планы трасс, разработанные в программе Autodesk AutoCAD Civil 3D на картографическом материале, полученном из открытого некоммерческого интернет-сервиса OpenStreetMap, представлены на рис. 1. Сравнение вариантов по основным критериям приведено в таблице 1.



**Рис. 1. Варианты трассы обхода г. Ярославля**

**Таблица 1. Сравнение вариантов**

Критерий выбора	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
Категория дороги	ІВ	ІБ	ІВ	ІБ	ІБ
Протяженность, км	3,171	30,213	57,752	44,921	34,058
Количество труб	-	2	7	8	5
Количество путепроводов	2	12	6	12	10
Количество мостов	-	2	8	4	2
Стоимость, млрд руб.	1,029	7,589	11,907	10,248	7,440

По всем критериям предпочтительным и наиболее возможным для реализации является вариант № 1. Он имеет минимальную протяженность, наименьшее количество искусственных сооружений и, как следствие, наименьшую стоимость. При этом нужно учитывать, что для достижения наилучших результатов строительство дороги по этому варианту потребует включения существующего участка юго-западной окружной дороги в состав трассы М-8 «Холмогоры» и его реконструкции с принятием проектных решений, направленных на обеспечение транспортно-эксплуатационных характеристик, соответствующих дороге I категории.

Среди вариантов глубокого обхода предпочтительным является вариант № 5. Дорога категории IB обеспечит глубокий обход города, а существующие участки юго-западной окружной дороги и Костромского шоссе, проходящие по границам города, смогут использоваться для внутригородского сообщения между крупными районами и обеспечат развитие прилегающих территорий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт национального проекта «Безопасные качественные дороги». URL: <https://bkdrf.ru/> (дата обращения 02.12.2021).
2. План мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития города Ярославля на период 2021–2030 годов. Приложение к Стратегии социально-экономического развития г. Ярославля на период 2021-2030 годов. URL: [https://city-yaroslavl.ru/city/about/dokumenty-planirovaniya.php?clear\\_cache=Y](https://city-yaroslavl.ru/city/about/dokumenty-planirovaniya.php?clear_cache=Y) (дата обращения 02.12.2021).
3. «Вокруг Ярославля планируют строить новую объездную дорогу». Интернет-журнал «Коммерсант» от 23.06.2020. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4390224> (дата обращения 02.12.2021).
4. «В Ярославской области запланировали строительство дорог на миллиарды рублей». Информационный портал «76.ru» от 20.05.2021. URL: <https://76.ru/text/transport/2021/05/20/69923516/> (дата обращения 02.12.2021).
5. НЦС 81-02-08-2021 Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 8. Автомобильные дороги. URL: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/551/NTSS-81\\_02\\_08\\_2021.-Avtomobilnye-dorogi.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/551/NTSS-81_02_08_2021.-Avtomobilnye-dorogi.pdf) (дата обращения 08.12.2021).
6. НЦС 81-02-09-2021 Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 9. Мосты и путепроводы. URL: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/4b0/NTSS-81\\_02\\_09\\_2020.-Mosty-i-puteprovody.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/4b0/NTSS-81_02_09_2020.-Mosty-i-puteprovody.pdf) (дата обращения 08.12.2021).

УДК 625.7(470.316)

## **АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУТАЕВСКОГО РАЙОНА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ В СООТВЕТСТВИИ С ЦЕЛЯМИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**Г.А. Бачинский, А.В. Калинин**

Научный руководитель – **А.В. Калинин**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается существующая дорожно-транспортная инфраструктура Тутаевского района Ярославской области и возможные пути ее совершенствования в соответствии с целями устойчивого развития.*

***Ключевые слова:** устойчивое развитие, автомобильная дорога, инфраструктура*

## **ANALYSIS OF THE INFRASTRUCTURE OF THE TUTAEVSKY DISTRICT OF THE YAROSLAVL REGION IN ACCORDANCE WITH FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**G.A. Bachinsky, A.V. Kalinin**

Scientific Supervisor – **A.V. Kalinin**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the existing road and transport infrastructure of the Tutaevsky district of the Yaroslavl region and possible ways of its improvement in accordance with the goals of sustainable development are considered.*

***Keywords:** sustainable development, road, infrastructure*

Устойчивое развитие (sustainable development) – концепция, зародившаяся в 1970-1980-е годы на фоне признания мировым сообществом проблем развития общества и науки, ограниченности природных ресурсов и экологической обстановки. Под «устойчивым развитием» понимают экономический рост, который не наносит вреда окружающей среде, и способствует разрешению социальных проблем, находя баланс между экономическим, экологическим и социальным развитием [1]. Устойчивое

развитие возможно при равновесии трех основных составляющих: экономический рост, социальная ответственность и экологический баланс. Согласно программному документу, принятому Организацией Объединенных наций (ООН) в 2015 году – «Повестка дня в области устойчивого развития» [2], выделяется 17 целей устойчивого развития. Это ближайшие цели (до 2030 года), к которым нужно стремиться обществу, обозначающие основные проблемы, решением которых могут и должны озаботиться каждая страна и субъект в отдельности. Не все из них одинаково актуальны для разных частей мира, однако их достижение в целом позволит повысить качество жизни нынешних и будущих поколений.

Об устойчивом развитии на территории России можно сказать, что российские компании зачастую не уступают мировым в уровне и применении решений. По разным данным, в стратегии развития подавляющего большинства (свыше 90%) крупнейших российских компаний внедряются цели устойчивого развития [3]. Государственная корпорация развития России – финансовая группа ВЭБ, играющая ключевую роль в реализации стратегических инициатив Правительства РФ, уже строит свою работу, распределяя цели устойчивого развития на три основные группы: зеленые финансы, импакт-инвестирование, качественная инфраструктура.

Любые крупные строительные проекты, неизбежно оказывающие значительное влияние на окружающую среду и социально-экономическое развитие, в современных условиях должны прорабатываться с высокой ответственностью и максимальным учетом всех факторов. Это особенно важно для автомобильных дорог, являющихся «кровеносной системой» экономики.

Территория Тутаевского муниципального района имеет достаточный потенциал экономического развития: промышленного, сельскохозяйственного, туристско-рекреационного развития и жилищного строительства. Наличие уникальных ландшафтно-архитектурных ансамблей, памятников истории и культуры, уникальные природные ландшафты (в том числе побережье реки Волги) и экологическая составляющая территории позволяют позиционировать левобережную зону Тутаевского муниципального района как рекреационную зону с особыми условиями развития социально-экономической сферы. Наиболее рациональным является развитие промышленного кластера с развитием социальной сферы и активным жилищным строительством на правобережной части района.

Основные транспортные связи Тутаевского муниципального района осуществляются железнодорожным и автомобильным транспортом. Город Тутаев является важным транспортным узлом, из которого расходятся автодороги в направлении Ярославля, Рыбинска. Тутаев находится в очень выгодном географическом положении: между двумя городами Ярославлем (40 км) и Рыбинском (50 км), на пересечении торговых и

транспортных путей между Москвой (300 км) и Санкт-Петербургом (800 км).

Тутаев сообщается с близлежащими городами автомобильными дорогами и водным путем. Внешние транспортные связи города осуществляются автомобильным, внутренним водным и железнодорожным транспортом. Пассажирские перевозки ориентированы в основном на автобусные перевозки, обеспечивающие как внутрирайонное сообщение, так и связь с Ярославлем и Рыбинском. Тутаевский муниципальный район не имеет своего аэропорта или посадочной площадки гражданской авиации, вследствие чего здесь отсутствует непосредственная авиасвязь с другими районами страны.

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом транспортной системы в границах Тутаевского муниципального района, оказывающей огромное влияние на ее социальное и экономическое развитие. Общая протяжённость автодорог Тутаевского района составляет 558,9 км, из них с твёрдым покрытием – 196,6 км. В настоящее время значительная часть автомобильных дорог общего пользования в границах Тутаевского муниципального района не соответствуют современным нормативным требованиям по геометрическим параметрам, допустимым нагрузкам транспортных средств, транспортно-эксплуатационному состоянию.

Схемой территориального планирования Тутаевского муниципального района [4] предложено формирование опорной транспортной сети территории. Это позволит планомерно осуществлять действия по проектированию, строительству, капитальному ремонту, повышению категорий дорог и доведению их качества до соответствия стандартам дорожно-транспортной сети. Формирование опорно-транспортного каркаса района предусмотрено на базе существующей дорожной сети. Несущими хордами каркаса должны стать участки дорог областного значения – Ярославль - Рыбинск правобережной и левобережной части района. Скелетом каркаса определены радиальные дороги, связывающие (или способные связать):

- Тутаевский МР с Даниловским МР – автодорога Тутаев - Никольское далее на Данилов;
- Тутаевский МР с Большесельским МР – автодорога Тутаев - Никольское – далее на Б.Село;
- Тутаевский МР с Пошехонским МР – автодорога Тутаев - Богдановка - Починок - Болотово – далее на Пошехонье.

Соединительными (кольцевыми) элементами опорного каркаса должны стать автомобильные дороги межпоселкового значения:

- Фефелово - Великое село – Никольское – Веригино - Ченцы;
- Красково - Огнянки, Петрецово - Гавриловское - Машаково;
- Здоровцево - Погорелка;

- Рождествено - Столбищи - Осташево - Пустово;
- Кирилловское - Ковалево.

Для уплотнения каркаса определены межпоселковые дороги местного значения.

Трасса Р-151 «Ярославль-Рыбинск», являясь автомобильной дорогой регионального значения, включает различные транспортные потоки – местные и транзитные, что в свою очередь приводит к перенасыщению автотранспорта в самом Тутаеве. Необходимо строительство объездной дороги за городской чертой Тутаева, с выходом на существующие магистральные направления из центра поселения на Рыбинск, Ярославль, Пошехонье, Углич, Данилов, что позволит полноценно переключить транзитные направления и существенно снизит неуклонно нарастающую транспортную нагрузку на центр, создав благоприятную транспортную ситуацию в районе. Благодаря объездной дороге из городской черты Тутаева распределится ряд автотранспортных потоков на левую и правую часть города. Для этого необходимо разместить мост через р. Волгу между населенными пунктами Фоминское и Тутаев, соответственно соединив объездные дороги в правобережной и левобережной части Тутаева. Строительство южного обхода и моста через р. Волгу запланированы в генеральном плане Тутаева [5].

Для соединения с дорожной сетью соседних районов области до 2040 г. запланировано строительство участков новых дорог:

- дорога Починок-Болотово - Шаготь (Рыбинский, Даниловский, Пошехонский, Тутаевский районы);
- дорога Богдановка - Гузнево (Тутаевский, Пошехонский районы);
- дорога Никольское - Рыжиково (Тутаевский, Даниловский районы).

Задачами транспортной инфраструктуры в области снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду являются сокращение вредного воздействия транспорта на здоровье человека за счет снижения объемов воздействий, выбросов и сбросов, количества отходов на всех видах транспорта; мотивация перехода транспортных средств на экологически чистые виды топлива.

Для снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду и возникающих ущербов необходимо уменьшить вредное воздействие транспорта на воздушную и водную среду и на здоровье человека за счет применения экологически безопасных видов транспортных средств; стимулировать использование транспортных средств, работающих на альтернативных источниках топливо-энергетических ресурсов (в том числе неуглеводородного происхождения).

Для улучшения качества атмосферного воздуха необходимо усилить контроль над стандартами топлива, осуществлять строительство автомобильных дорог (в том числе и обходных дорог вокруг населенных

пунктов) для предотвращения концентрации большого количества автомашин, а значит и уменьшения количества выбросов выхлопных газов. Кроме того, в целях снижения загрязнения атмосферного воздуха в центральной части города Тутаева необходимо развивать городской пассажирский транспорт, а также организовать дополнительное озеленение, обеспечивающее экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха.

Таким образом, основными задачами по развитию дорожной сети Тутаевского района, являются:

- повышение качества существующих дорог (приведение в нормативное состояние, устройство твердого покрытия, обеспечение водоотвода);
- строительство новых дорог, обеспечивающих связь с соседними районами;
- строительство обхода г. Тутаева с мостом через р. Волгу, позволяющего вывести транзитные транспортные потоки за пределы исторической части города.

Реализация указанных мер должна осуществляться с учетом повышенных экологических требований к проектированию, строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог, направленных на достижение целей устойчивого развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое концепция устойчивого развития и почему крупному бизнесу стоит обратить на нее внимание? URL: <https://tskad.riamo.ru/> (дата обращения 02.12.2021).
2. Официальный сайт ООН. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения 02.12.2021).
3. Устойчивое развитие. Что это такое и в чем его значимость. URL: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/425081-ustoychivoe-razvitie-cto-eto-takoe-i-v-chem-ego-znachimost> (дата обращения 10.12.2021).
4. Официальный сайт администрации Тутаевского муниципального района Ярославской области. URL: <https://admtmr.ru/city/index.php> (дата обращения 20.12.2021).
5. Схема территориального планирования Тутаевского муниципального района Ярославской области (утверждена решением Муниципального Совета Тутаевского муниципального района Ярославской области от 23.01.2014 № 54-г). URL: <http://admtmr.ru/city/skhema-territorialnogo-planirovaniya-tmr.php> (дата обращения 21.12.2021).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ И ИНДЕКСА ПЕНЕТРАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВТОРИЧНЫМ ПЭТФ НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА

**К.Н. Белов, Д.В. Герасимов**

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*В статье описаны результаты исследования процесса модификации вторичным полиэтилентерефталатом нефтяного дорожного битума в целях повышения его технико-эксплуатационных характеристик.*

***Ключевые слова:** полиэтилентерефталат, отходы, утилизация отходов, битум, температура размягчения битума, индекс пенетрации*

## INVESTIGATION OF SOFTENING TEMPERATURE AND PENETRATION INDEX OF MODIFIED SECONDARY PET PETROLEUM ROAD BITUMEN

**K.N. Belov, D.V. Gerasimov**

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article describes the results of a study of the process of modification by secondary polyethylene terephthalate of petroleum road bitumen in order to improve its technical and operational characteristics.*

***Keywords:** polyethylene terephthalate, waste, waste disposal, bitumen, bitumen softening temperature, penetration index*

При производстве асфальтобетонных смесей их сырьевых компонентов не всегда удается изначально создать материал, полностью удовлетворяющий эксплуатационным требованиям – данное утверждение относится и к нефтяным дорожным битумам, поскольку порой необходимо улучшить конкретные технико-эксплуатационные показатели, без ухудшения или с сохранением прочих показателей на прежнем уровне.

Технологически данная задача решается путём введения в состав битумного вяжущего специализированных добавок – модификатора или комплекса модификаторов.

Несмотря на скромное процентное содержание модифицирующих добавок (порядка 0,5–3,0% от общей массы асфальтобетонной смеси), стоимость некоторых из них составляет более 130–150 тыс. руб./т, что несомненно оказывает существенное влияние на себестоимость конечного продукта – асфальтобетонной смеси. Таким образом, поиск альтернативных модификаторов является актуальной задачей для учёных и исследователей.

Весьма успешными признаны попытки использования отходов пластмасс в области производства асфальтобетонных смесей, данные исследования общепризнаны перспективными, поскольку отходы пластика еще с конца прошлого века являются общемировой проблемой, а стоимость вторичного сырья значительно ниже.

Таким образом, исследованием поставлены следующие задачи:

1) провести теоретическое исследование по существу вопроса модификации битума отходами пластмасс с целью их утилизации и вторичной переработки;

2) произвести экспериментальную апробацию определённого в качестве приоритетного способа модификации, определить температуру размягчения и индекс пенетрации битума по методике ГОСТ.

В данной статье рассмотрены один из способов улучшения технико-эксплуатационных свойств битума за счёт модификации вторичным полиэтилентерефталатом (ПЭТФ) путём высокотемпературного перемешивания, который был определён в качестве предпочтительного.

На данный момент, актуальность тематики исследования также подтверждается активным изучением вопроса в научной литературе, и широкой патентной базы. Наиболее близко процесс модификации подобным методом описан в ряде источников патентных баз и научной литературы [1, 2, 3].

Основным недостатком, отмеченным в ходе теоретического исследования патентной и литературной базы по существу изучаемой тематики, является: недостаточность данных о характеристиках процесса модификации дорожных битумов вторичным ПЭТФ, в связи с чем было принято решение постановки лабораторного эксперимента.

В качестве модифицируемого битумного вяжущего был использован нефтяной дорожный битум марок БНД 60/90 и БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90 ПАО АНК «Башнефть» г. Уфа. В качестве полимерного модификатора использован ПЭТФ-флекс микс очищенный фракции 10–12 мм ООО «ЯрФлекса» г. Ярославль.

Модификация вторичным полиэтилентерефталатом нефтяного дорожного битума произведена в разном процентном соотношении ПЭТФ/БНД от 0 до 20% ПЭТФ от массы битума с шагом 2%. Для определения динамики изменения свойств битума в результате модификации экспериментом предусмотрено проведение испытаний по методике предусмотренной ГОСТ 11506-73 [3], а также ГОСТ 33134-2014 [4].

Битум нагревался до температуры 100 °С и фасовался в отдельные емкости по 200 г.

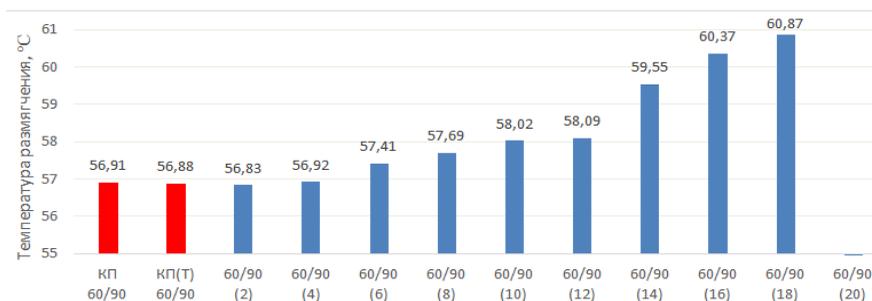
Кольца и бюксы для проведения испытаний образцов КП отлиты при догреве образца до температуры 150 °С.

Образцы БМ<sub>2</sub> – БМ<sub>20</sub> прогревались до температуры 210 °С в течение одного часа в термошкафу, с последующим добавлением заданной навески ПЭТФ-модификатора и активном размешивании при 1000-1200 об/мин в течение 3 минут, затем помещались обратно в термошкаф с температурой 210 °С на 20 минут.

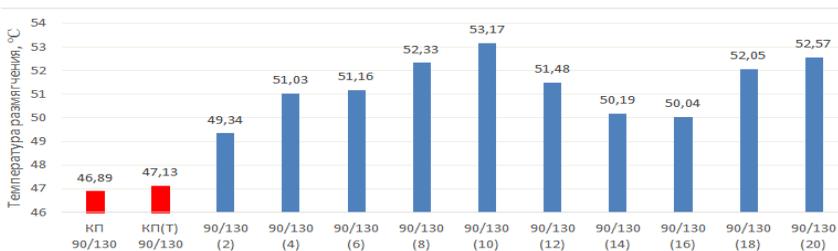
Спустя 20 минут образцы повторно гомогенизируются размешиванием при оборотах 1000-1200 об/мин в течение 3 минут и отливаются в кольца и бюксы для проведения испытаний.

Образцы КП(Т) 60/90 и КП(Т) 90/130 введены в эксперимент с целью фиксации термоокислительных процессов.

Полученные результаты для обеих партий образцов БМ<sub>2</sub> – БМ<sub>20</sub> испытанных по ГОСТ 11506-73 [4].



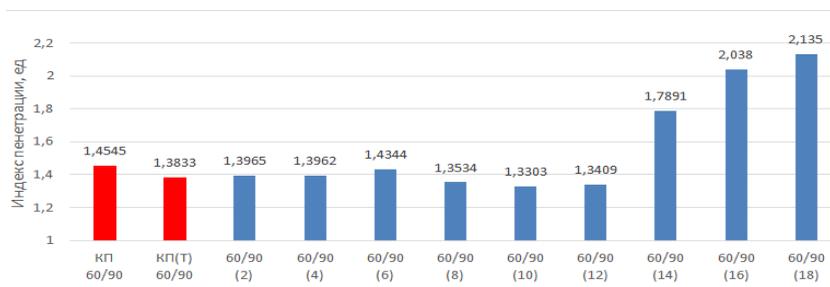
**Рис. 1. Среднее значение температуры размягчения по «КиШ» модифицированного ПЭТФ вяжущего на битуме БНД 60/90**



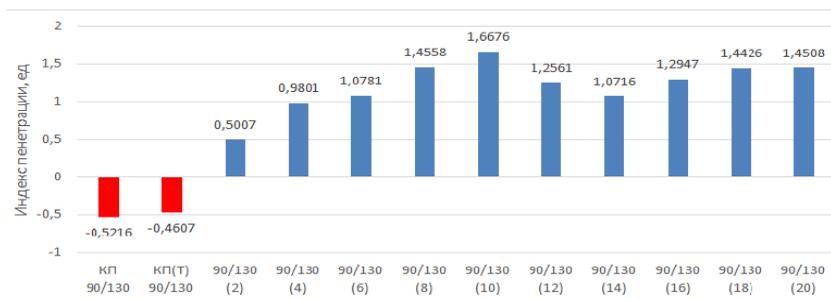
**Рис. 2. Среднее значение температуры размягчения по «КиШ» модифицированного ПЭТФ вяжущего на битуме БНД 90/130**

Образец БМ 60/90<sub>20</sub> не прошёл испытание по причине неокончательного растворения частиц ПЭТФ, что привело к погрешности т.к. они мешали касанию металлического шара на контактную площадку, что было отмечено ещё в образце БМ<sub>18</sub>, но в меньшей степени.

Для определения индекса пенетрации битума необходимы значения для предела пенетрации битума. Поскольку работа выполнялась параллельно с проведением испытаний в рамках «Биржи проектов ЯГТУ», недостающие значения предела пенетрации были заимствованы из научно-технического отчёта, составленного по заключению работ «Биржи проектов ЯГТУ».



**Рис. 3. Диаграмма значений индекса пенетрации модифицированного ПЭТФ вяжущего на битуме БНД 60/90**



**Рис. 4. Диаграмма значений индекса пенетрации модифицированного ПЭТФ вяжущего на битуме БНД 90/130**

Анализируя результаты эксперимента изучаемых образцов битума, с учётом оптимального диапазона индекса пенетрации от -2 до +2 для II дорожно-климатической зоны, следует зафиксировать следующие закономерности:

1) Влияние термоокислительных процессов температуры размягчения битумов при заданных условиях не подтверждено, отклонения в показателях контрольных партий КП и термоокисленных контрольных партий КП(Т) не превышает 1%.

2) Модификация ПЭТФ-флексой позволяет повысить температуру размягчения битума, что аналогично подтверждает факт модификации битума как таковой. Рост температуры размягчения по «КиШ» составил в пике от 6,5 до 11,2% для БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно.

3) С увеличением содержания ПЭТФ-флексы более 14–16% по массе для битума БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно, образование гомогенного состава без высокоинтенсивных диспергаторов/диссольтверов затрудняется, в битуме образуются сплавившиеся коагуляты ПЭТФ-флекс (в основном толстостенных участков тары – горлышка и дна). При содержании ПЭТФ модификатора выше 16–20% макрогомогенность модифицированного вяжущего полностью нарушается, образуются крупные коагуляты ПЭТФ-флекс в битуме, что свидетельствует о значительном превышении максимально допустимой концентрации.

Таким образом, на основании проведённого эксперимента можно предварительно заключить, что приемлемым содержанием ПЭТФ-модификатора является диапазон от 8 до 12% по массе битума. В ходе данного эксперимента для обоих образцов исследуемого битума экстремум зафиксирован при содержании модификатора от массы битума в 10%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2258721 Полимерно-битумное вяжущее / А.М. Герасимов, Н.В. Лукьянов, А.М. Сыроежко. Оpubл. 20.01.2016.
2. Патент РФ №2262492 Асфальтобетонная смесь / Н.П. Котенко, В.А. Брагинец, А.О. Котенко, А.П. Савостьянов, М.Н. Филатова, В.О. Юдин. Оpubл. 20.10.2005.
3. Применение твердых бытовых отходов полиэтилентерефталата в дорожном строительстве / Киберлиннка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tverdyh-bytovyh-othodov-polietilenterefalata-v-dorozhnom-stroitelstve/viewer> (дата обращения 20.06.2021).
4. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару. М.: Гос. комитет стандартов Совета министров СССР, 1973.
5. ГОСТ 33134-2014. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014.

## **ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**И.А. Бессонов, А.В. Симонова**

Научный руководитель – **А.В. Симонова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются вопросы организации зимнего содержания автомобильных дорог Ярославской области.*

**Ключевые слова:** зимнее содержание автодорог, зимняя скользкость, снежные отложения, противогололедные материалы, проезжая часть, безопасность дорожного движения

## **WINTER MAINTENANCE OF HIGHWAYS OF THE YAROSLAVL REGION**

**I.A. Bessonov, A.V. Simonova**

Scientific supervisor – **A.V. Simonova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The issues of organization of winter maintenance of highways of the Yaroslavl region are considered.*

**Keywords:** winter maintenance of highways, winter slipperiness, snow deposits, deicing materials, roadway, road safety

В последние годы очень остро стоит проблема зимнего содержания автомобильных дорог. За зимний период 2021-2022 г. в Ярославской области зарегистрировано 77 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых 4 человека погибли и 112 получили ранения.

Зимнее содержание дорог – важная часть работы по сезонному обслуживанию объектов дорожного хозяйства. К ней относится механизированная и ручная уборка снежного покрова на проезжей части автодорог, мостов, тротуаров, остановочных площадок, борьба с зимней скользкостью с использованием противогололедных материалов, уборка снежных валов с обочин, содержание элементов обстановки пути. От качест-

венно и своевременно проводимой по всем направлениям дорожниками работы зависит безопасность дорожного движения.

Для того чтобы понять, как влияет зимнее содержание автодорог на статистику ДТП, можно воспользоваться формулой, которая основана на анализе основного условия движения и имеет вид

$$m\varphi \geq f \pm i, \quad (1)$$

где  $m = 0,5 \dots 0,65$  – коэффициент сцепной массы;

$\varphi$  – коэффициент сцепления;

$f$  – коэффициент сопротивления качения;

$i$  – продольный уклон [1].

Основные причины ДТП в зимний период – это несвоевременная уборка твёрдых осадков и образование зимней скользкости. Самые распространённые недостатки зимнего содержания автодорог – наледь на проезжей части, снежный накат и снежные отложения.

Для сохранения транспортно-эксплуатационных характеристик автодорог в зимнее время необходимо своевременно производить работы по уширению проезжих частей дорог, уборке тротуаров, посадочных площадок общественного транспорта, а также вывоз снежной массы. Опасные участки (мосты, путепроводы, спуски, подьёмы, крутые повороты, полосы торможения и разгона, заездные карманы транспорта общего пользования) должны в первоочередном порядке обрабатываться противогололедными материалами.

Одной из причин образования снежных заносов является нарушение требований снегозаносимости при проектировании земляного полотна, отступление от проектных решений при строительстве.

Основными источниками обильных осадков в зимний период являются метели и снегопады. По данным климатических справочников, Ярославский регион относится к районам средней трудности снегоборьбы. Продолжительность снежного периода составляет 100-160 суток, а в отдельных местах и 200 суток в году. Дороги Ярославской области в основном относятся к слабозаносимым, поскольку сам регион расположен на равнинной местности.

За зимний период высота снежного покрова в среднем составляет 35 см, а при обильном выпадении осадков 69 см. Для предотвращения снежных заносов используются временные деревянные щиты 1-го типа т.е. объемом снега приноса более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и скорости ветра более 20 м/с или снегозащитные заборы.

Лесистость в Ярославской области составляет около 30-40%, поэтому можно сделать вывод, что лесонасаждения в нашем регионе также могут служить снегозащитным барьером для автомобильных дорог. Однако применение лесонасаждений для защиты автодорог от снега имеет

свои недостатки: для их размещения вдоль дорог необходимы значительные площади; лесные насаждения медленно растут и требуют постоянного ухода, плюс к этому деревья подвержены лесным пожарам.

В целях исключения образования зимней скользкости, с учетом дорожной обстановки, объекты улично-дорожной сети Ярославской области обрабатываются противогололедными материалами. При незначительных отрицательных температурах окружающего воздуха (до минус 8-10 °С) применяется природный минеральный рассол. При температурах окружающего воздуха ниже минус 10 °С в качестве противогололедного материала применяется песко-соляная смесь. Опасные участки при отрицательных температурах ниже минус 4-5 °С также обрабатываются песко-соляной смесью.

Рабочие температуры противогололедных материалов:

- жидкий противогололедный материал (рассол) – до минус 5 °С;
- твердый противогололедный реагент (Айсмелт) – до минус 30 °С;
- песко-соляная смесь – от 0 °С;
- песок применяется при любых температурах;
- соль техническая (концентрат минеральный Галит) – материал

эффективен до минус 15 °С.

Некачественное зимнее содержание автомобильных дорог является одной из причин образования на проезжей части дорог дефектов покрытия: трещин, выбоин, провалов. Снег, который накапливается на обочинах в течение зимы, весной начинает таять. Появляющаяся на проезжей части вода просачивается в стыки швов ямочного ремонта, замерзает и оттаивает на весенних перепадах температур и разрушает дорожное покрытие.

Одна из главных проблем зимнего содержания автомобильных дорог в регионе – катастрофическая нехватка дорожной техники. Для обеспечения в нормативном состоянии объектов улично-дорожной сети города Ярославля и Ярославской области в зимний период требуются современные и производительные комбинированные дорожные машины, тракторные щетки, фронтальные погрузчики, лаповые погрузчики и автосамосвалы.

Для расчёта патрульных снегоочистительных машин можно использовать следующую формулу:

$$N = \frac{i_{\text{сн}}LB}{\rho h_{\text{доп}} v_{\text{раб}} K_b(b-0,25)}, \quad (2)$$

где  $i_{\text{сн}}$  – интенсивность снегопада;

$L$  – длина участка дороги;

$B$  – ширина очищаемой поверхности, м;

$\rho$  – плотность снега, г/см<sup>3</sup>;

$h_{\text{доп}}$  – допустимая толщина слоя снега на покрытии, мм;

$v_{\text{раб}}$  – скорость снегоочистителя, км/ч;

$K_b$  – коэффициент рабочего времени,  $K_b = 0,7 \dots 0,9$ ;

$b$  – ширина захвата очистителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев А.П.* Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. Т. 2: учебник для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академи», 2011. 320 с.
2. ГОСТ 33181-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания». М.: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ 33387-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования». М.: Стандартинформ, 2019.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА КАМПУСА  
УНИВЕРСИТЕТА ВОКРУГ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ В, Ж, К,  
С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

**А.Е. Богдюкевич, К.С. Ильина**

Научный руководитель – **К.С. Ильина**, канд. геогр. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются вопросы необходимости благоустройства территории кампуса университета с целью создания комфортного пространства, основополагающие элементы благоустройства территории и виды работ по благоустройству. Предпринята попытка создания проекта благоустройства указанной территории.*

***Ключевые слова:** благоустройство, кампус, освещение, озеленение, комфортная окружающая среда*

**FORMATION OF UNIVERSITY CAMPUS SPACE AROUND  
EDUCATIONAL BUILDINGS V, Zh, K, S WITH THE PURPOSE  
OF CREATING A COMFORTABLE ENVIRONMENT  
FOR STUDENTS AND TEACHERS**

**A.E. Bogdyukevich, K.S. Ilyina**

Scientific Supervisor - **K.S. Ilyina**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the need to improve the campus of the university in order to create a comfortable space, the fundamental elements of landscaping and the types of landscaping work. An attempt was made to create a project for the improvement of the specified territory.*

***Keywords:** landscaping, campus, lighting, landscaping, comfortable environment*

С древнейших времен человек неразрывно и тесно связан с природной средой, но, к сожалению, в настоящее время связь человека с природой постепенно ослабевает. Как правило, эта тенденция особенно проявляется в крупных городах. Окружающие нас пространства, доставшиеся нам в наследство от предыдущих поколений, уже заметно видоизменились: старые зеленые насаждения, которые когда-то нас радовали, постепенно угасают и сводятся на нет. Их ликвидируют и на месте деревьев и кустарников появляется асфальт с очередными автомобилями. В целом в пространстве современного города, как правило, не остается места «зеленке». Поэтому, в настоящее время, все больше внимания уделяется состоянию и комфортности пространства, окружающего человека. В связи с этим сегодня очень остро встает вопрос состояния территорий, примыкающих к дому, месту работы, учебы, объектам социального значения. Состояние данных территорий зачастую требует значительного переосмысления и нового благоустройства. Особое место среди вышеуказанных территорий занимают пространства вокруг учебных заведений. Учебный кампус становится основным центром сосредоточения молодых людей на протяжении четырех или даже шести лет их жизни. Кампуса и территории университетов давно стали местом жизни для большого количества людей- преподавателей, сотрудников, студентов и ЯГТУ в этом отношении не является исключением. Территория нашего института служит не только местом обучения и прохождения практик, но и местом отдыха студентов особенно в весенне-летний период. Поэтому ландшафтное благоустройство, озеленение, выделение зон отдыха, парковочных мест являются крайне необходимыми для нашего института.

Работы по благоустройству и планировке территории является значимыми процессами для современного общества. Их активный всплеск в последнее время направлен на процессы поддержания и восстановления окружающей нас среды.

Законодательство Российской Федерации нам в этом помогает. В вопросах обеспечения благоприятной окружающей среды для населения, благоустройства и планирования территории законодательство представлено такими нормативно-правовыми актами, как: Конституция РФ, Кодексы, Федеральные законы и иные нормативно-правовые акты.

Так, согласно статье 42 Конституции Российской Федерации, каждый человек имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и возмещение ущерба, причинного его здоровью или имуществу экологическими правонарушениями. В состав таких кодексов Российской Федерации, как Гражданский, Административный, Уголовный, Земельный, Градостроительный входят природоохранные статьи.

Впервые понятие благоустройство территории в законодательстве нашей страны отмечено в Федеральном законе № 131-ФЗ от 06.10.2003 «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ». Согласно Приказу Министерства регионального развития Российской Федерации от 27.12.2011 № 613 «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований», благоустройство территории определено, как комплекс мероприятий по инженерной подготовке и обеспечению безопасности, озеленению, устройству покрытий, освещению, размещению малых архитектурных форм и объектов монументального искусства.

В Градостроительном кодексе РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ прописан регламент градостроительной деятельности, территориальной планировки, землепользования и застройки территорий, что является основой для создания благоприятной среды проживания и деятельности населения.

Основы государственной политики в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции городских и сельских поселений, направленные на сохранение благоприятной окружающей среды определены Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ. Также им регламентируются отношения в сфере взаимодействия человека и природы, при ведении хозяйственной и иной деятельности, направленной на природную среду, а именно такой деятельностью и является благоустройство. В таких Федеральных законах, как: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе», Федеральный закон от 06.10.2003 №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» предусматривается создание благоприятных условий для жизни и здоровья населения в результате работ по благоустройству и планировке территорий.

Все вышеперечисленные нормативно-правовые акты являются основой для проведения работ по благоустройству. При этом более подробным руководством при планировании и благоустройстве территорий являются ГоСТы и СНиПы. Наиболее значимыми в этой теме среди них являются:

СНиП III-10-75 «Благоустройство территории» (прописаны нормы и правила по элементам благоустройства территории);

СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» (строительные нормы и правила автомобильных дорог, транспортно-эксплуатационные показатели);

ГОСТ Р 28 329-89 «Озеленение городов. Термины и определения».

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что работы по благоустройству территорий невозможно правильно провести без опоры на существующее в Российской Федерации законодательство, но при этом благоустройство является показателем не только человеческих взаимоотношений, но и социально-моральных и духовно-нравственных устоев современного общества. Ведь от того на какой территории проживает человек и как она оформлена напрямую зависит его психологическое и эмоциональное здоровье, и как следствие того психологический климат и обстановка в коллективе, семье, обществе.

Помимо самого понятия благоустройства территории необходимо знать его элементы, виды и факторы. Все основные элементы благоустройства можно разделить на несколько групп:

- связана с правильным ведением дорожного хозяйства. Она включает в себя ремонт и строительство дорог, мостов, подземных переходов и т.д.;

- садово-парковое хозяйство включает в себя содержание и уход за зеленым насаждениям и защитным лесополосами;

- санитарная очистка и уборка территории, включающая сбор и удаление отходов, уборка улиц и т.д.;

- уличное освещение. Оно заключается в установке светового оборудования на улицах, площадях, скверах;

- содержание и размещение малых архитектурных форм, а именно установка и уход за фонтанами, памятниками, монументами, оградами и т.д.

Среди этих групп элементов можно выделить следующие их виды:

1. Декоративные, технические, планировочные конструктивные устройства, к которым относятся:

- покрытия поверхности территории (асфальт, галька, плитка, газон и т.д.);

- элементы сопряжения поверхностей такие как бортовой камень, пандус, ступени, лестницы и т.д.;

- ограждения, которые в зависимости от назначения могут быть декоративными, защитными, комбинированными;

- пешеходные коммуникации и транспортные проезды.

2. Растительность.

3. Различные виды оборудования и оформления. Они включают в себя в первую очередь освещение, уличное коммунально-бытовое оборудование и улично-техническое оборудование.

4. Малые архитектурные формы.

5. Наружная реклама и информация.

Таким образом, из вышеперечисленных элементов благоустройства можно сформировать основные группы работ по благоустройству территорий:

1. Уборка территории.
2. Ремонтные работы.
3. Озеленение.
4. Установка различных элементов благоустройства, таких как скамейки, осветительные приборы, различные виды ограждений.
5. Поддержание и уход за установленными ранее элементами благоустройства и инженерной инфраструктуры.

Получается, что цель всех видов работ по благоустройству сводится к улучшению и оздоровлению окружающей среды, а следовательно, к сохранению экологического баланса территории.

Так как мы являемся студентами высшего учебного заведения, обладающего достаточно большой территорией и пространством, то для нас наиболее актуальным видом благоустройства является Благоустройство территории учебного заведения. Включающего в себя проектирование и функционирование транспортного проезда, пешеходных коммуникаций, размещение зон отдыха, курения, парковки, а также более грамотного освещения территории, ее озеленения и в дальнейшем ограждения. Таким образом, данный проект решает проблему создания комфорта для обучающегося и преподавательского состава. Наш девиз: «Хороший отдых – продуктивная работа». Любой процесс благоустройства, в том числе и кампуса университета невозможно сделать без этапа проектирования. Поэтому главной целью нашей работы является проектирование благоустройства прилегающей территории к учебным корпусам В, Ж, К, С.

Перед началом работы мы изучили данную территорию, опираясь на топографические планы указанных территорий с выделенными границами землепользования и нанесенной инфраструктурой, проходящей через указанные участки и визуальную оценку состояния территории. Все работы были поделены на четыре группы:

- Дороги и парковки;
- Освещение;
- Благоустройство зеленых зон;
- Формирование зон комфорта.

#### Дороги и парковки

Исходя из анализа территории кампуса было принято, что:

Установка ИН в соответствии с ГОСТ Р 52605-2006 «Технические средства организации дорожного движения. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕРАВНОСТИ. Общие технические требования. Правила применения».

А именно, п. 4 ГОСТ Р 52605-2006 и далее. Т.к. именно сборно-разборные конструкции можно установить с данной шириной проезжей

полосы, для снижения скорости автомобилей при въезде на территорию учебного кампуса, тем самым повышая безопасность пешеходов.

Пешеходные тротуары не требуются на территории учебного кампуса, т.к. эту зону можно расценивать как дворовую, на которой в приоритете является пешеход.

Парковка общего пользования может быть размещена на части автомобильной дороги и (или) территории, примыкающей к проезжей части и (или) тротуару, обочине. Согласно закону от 27.09.2007 N 74 СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1200-03, околodomовая стоянка должна находиться минимум в 10 метрах от входов и окон жилого здания. Чем больше машиномест, тем больше расстояние.

Поскольку расстояние между учебными корпусами менее 50 м, можно обустроить парковочную зону вдоль дорожного полотна.

Средние размеры транспортного средства не превышают 180 см в ширину и 440 см в длину. При очерчивании машиноместа к данным параметрам прибавляется по 70-80 см. В итоге ширина паркинг-зоны под одно авто равна 250 см, а длина – 550 см.

#### Освещение

Так как на территории кампуса недостаточно освещения в темное время суток, было принято решение поставить уличные фонари.

Освещение будет осуществляться лампами, закрепленными на столбах, стенах корпусов или мачт.

Освещение должно быть достаточным как для освещения проезжей части, так и для освещения всего кампуса. Также сами лампы должны быть защищены от вандализма, что может выйти дороже в итоговой смете.

Количество и мощность фонарей принимается из соответствующих требований данной территории. По нашим подсчетам необходимо установить пять дополнительных фонарей общего освещения, 4 по пешеходным дорожкам и один для установки в беседке.

#### Благоустройство зеленой зоны

Зеленая зона кампуса нуждается в коррекции.

Для обустройства зелёной зоны необходимо удалить пни и убрать засохшие кусты.

Также нельзя оставлять без внимания и клумбы, находящиеся у корпусов Ж и С.

Перед корпусом Ж существует огорожена невысокой изгородью зеленая зона, которая в данный момент находится в неухоженном состоянии. Так как на данном кампусе недостаточно мест для зоны отдыха, было принято решение облагородить данную зеленую зону совместно с зоной отдыха. Для этого надо снять верхний слой грунта, с дальнейшей заменой его на новый слой грунта с содержанием торфяного

удобрения, засев полученной почвы клевером и установкой лавочек и мусорок.

У входа в корпус С не хватает цветов, поэтому было выдвинуто предложение высадить кустарники чубушника. Такое растение можно сажать в солнечных и затененных местах, а также на хороших или на более слабых почвах. Ароматный запах и белые очаровательные цветы чубушника- отличное дополнение на территории кампуса.

За корпусом К находится большие корни, отходящие от пня. При осмотре территории был сделан вывод о том, что удаление данных корней с последующим засыпанием образовавшихся ям, не повредит ближайшим деревьям и другим объектам кампуса. Нужно осуществить работы по удалению пней, засыпки образовавшихся ям землей и засеять семенами газона. В качестве газона будут использованы семена белого клевера. Клевер выбран по причинам: Эстетического вида, устойчивости к вытаптыванию и вымерзанию, легкость посева и способность к саморазрастанию. Для засыпания ям после удаления пней будет использован грунт, снятый для обустройства зеленой зоны у Ж корпуса.

#### Формирование зоны комфорта

Для оборудования зоны комфорта на территории кампуса

Необходимо правильно оборудовать зону отдыха, для этого было принято решение размещения по территории кампуса лавочек. Также было принято решение разместить летнюю террасу на зелёной зоне. Однако стоимость такой террасы составляет примерно 80–100 тыс. Если считать затраты только на материалы. Также была выдвинута идея размещения в теплое время года на территории кампуса подвесных кресел, но эта идея все еще находится в разработке, так как стоимость одного такого кресла составляет 8 тыс. рублей, а студентов слишком много. Большинство группы была одобрена идея декоративного элемента в виде светящегося монумента с надписью «ЯГТУ». Такой монумент может выполнять функцию дополнительного освещения и также привлекать будущих абитуриентов. Однако такой монумент по предварительным подсчетам выходит достаточно дорогим, поэтому была рассмотрен вариант установки светящийся надписи на один из корпусов кампуса. Больше всего для такой задумки подходит корпус С так как он расположен по середине территории кампуса. Стоимость такого элемента приблизительно 30–50 тыс. рублей.

В ходе составления проекта мы также столкнулись со следующими проблемами. В ходе работ по озеленению для проведения засеивания земли клевером необходимо снять верхний слой грунта и заменить его на новый с добавлением торфяного грунта. Стоимость такого грунта с учетом необходимой толщины и площади земли, выходит порядка 42 тыс. Также существует проблема с покупкой чубушника, так как один кустар-

ник стоит примерно 2 тыс. рублей, а таких кустов нужно от 5 до 10 штук. Желание оградить территорию кампуса от посторонних приводит к перекрытию проезда к примыкающим гаражам, либо монтажу нескольких въездных ворот, что является очень дорогостоящим мероприятием. При этом очень высокий ценник на покупку системы видеонаблюдения и ее монтаж.

Таким образом, благоустройство территории – это очень сложный и финансово затратный процесс, требующий привлечения спонсоров и партнеров к его осуществлению. При этом значение благоустройства территории кампуса около учебных корпусов огромно. Данный проект рассчитан на создание благоприятных условий обучения студентов, улучшения состояния окружающей среды, обозначения трудовых функций у студентов и воспитания бережного отношения к окружающему пространству. Помимо всего перечисленного, благоустройство указанных территорий имеет большое значение для создания имиджа ИИСиТ с точки зрения привлечения партнеров и будущих абитуриентов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований (приложение к приказу Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2011 г. № 613 // Официальный сайт «КонсультантПлюс». URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
2. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 06.10.2003 N 131-ФЗ (ред. от 29.06.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.07.2015). URL: [www.garant.ru](http://www.garant.ru)
3. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10.01.2002 № 7-ФЗ (в ред. от 19.07.2011 № 248 – ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
4. Свод правил СП 82.13330.2016 "Благоустройство территорий". Актуализированная редакция СНиП III-10-75 (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. N 972/пр) (с изменениями и дополнениями) URL: [www.garant.ru](http://www.garant.ru);
5. Топографический план. Кривова, 40. Кривова, 42. Кривова, 42а.

## **ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**А.Г. Варданыан, К.С. Ильина**

Научный руководитель – **К.С. Ильина**, канд. геогр. наук. доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются и характеризуются основные виды зеленой инфраструктуры, описаны и проанализированы принципы зеленой инфраструктуры в структуре генерального планирования территории.*

**Ключевые слова:** зеленая инфраструктура, зеленый коридор, виды зеленой инфраструктуры, принципы зеленой инфраструктуры, городское планирование, озеленение

## **FUNCTIONS, OBJECTIVES AND PRINCIPLES OF GREEN INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT**

**A.G. Vardanyan, K.S. Ilyina**

Scientific Supervisor – **K.S. Ilyina**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses and characterizes the main types of green infrastructure, describes and analyzes the principles of green infrastructure in the structure of the general planning of the territory.*

**Keywords:** green infrastructure, types of green infrastructure, principles of green infrastructure, urban planning, landscaping

Термин «зелёная инфраструктура» – новый, однако её идеи существуют давно. Предшественницей концепции «зелёной инфраструктуры» является идея «зелёных коридоров». Перед теорией «зелёных коридоров» поставлены следующие задачи: образование доступной комфортной среды; максимально возможное сохранение в городской структуре всех видов растений и животных, присущих данной территории, то есть привлечение в городскую среду «естественной» природы.

В общую инфраструктуру города входят: «Серая инфраструктура» (дорожная сеть, коллекторы, различные транспортные и инженерные системы); «Социальная инфраструктура» (лечебные и образовательные учреждения и др.). Однако наиболее важной является «Зеленая инфраструктура», именно она оказывает огромное влияние на человека, продолжительность его жизни и рост населения.

В США в 1999 году Фондом Охраны Природы и Министерством сельского хозяйства была организована группа из государственных и коммерческих организаций, “Green Infrastructure Work Group”, которая обозначила «Зеленую инфраструктуру» как «естественную систему поддержания жизни, связанную сетью водных путей, заболоченных мест, лесистых местностей, ареалов обитания диких животных, других естественных областей; зелёных троп, парков и других зон; ферм, лесов; а также дикой местностью и другими открытыми пространствами, которые поддерживают естественные экологические процессы, воздушные и водные ресурсы, и способствующие здоровью и качеству жизни людей» [1].

Под термином «зеленая инфраструктура» понимается связующее звено различных зеленых пространств: от естественных природных территорий до культурных ландшафтов (скверы, парки, пригородные и сельскохозяйственные угодья).

Одной из функций, возлагаемых на «зеленую инфраструктуру», является обеспечение связи между естественной природой и культурными ландшафтами, находящимися на заданной территории, способствуя свободному перемещению видов животных и растений, характерных для данной местности. Таким образом, «зеленая инфраструктура» призвана оказывать благоприятное влияние на качество жизни человека, улучшая экологию в городской черте и некоторые социально-экономические показатели территории (инвестиционный климат, развитие туризма, рост населения, продолжительность жизни). Зеленые зоны в городах выполняют санитарно-гигиенические и эстетические функции.

Наряду с социально-значимыми объектами, жилыми зданиями, улицами, площадями «зеленая инфраструктура» является важным компонентом городского планирования.

Зеленая инфраструктура очень многопрофильна и позволяет развивать взаимодействие различных функций и видов деятельности на одном и том же участке территории. Такая многофункциональность привела к появлению нескольких видов зеленой инфраструктуры.

Виды зелёной инфраструктуры.

Городские леса, то есть леса, расположенные внутри городской черты. Они являются одним из важнейших видов городской зеленой инфраструктуры. Для создания городских лесов используются, как правило, местные виды деревьев и других растений. Городские леса обеспечивают

экономии энергии, обладают испарительным охлаждением, улучшают качество воздуха в городах, положительно влияют на здоровье человека. Кроме того, городские леса улучшают существующие экосистемы.

Построенные водно-болотные угодья – это система искусственно созданных водно-болотных угодий, работающих как биофильтр. Такие угодья представлены водно-болотной растительностью, создаются такие угодья, в основном на возвышенностях и в поймах рек. Подобные водно-болотные угодья формируются с целью более эффективного использования воды и повышения ее качества, служат естественной средой обитания для животных и растений, являются дополнительным участком зелени в городской среде. Еще одним плюсом водно-болотных угодий служит уменьшение неприятного запаха сточных вод.

Зеленые насаждения на крышах зданий улучшают качество воздуха и воды, снижая при этом расходы на электроэнергию. Синие крыши технически не относятся к зеленой инфраструктуре; они призваны собирать и накапливать осадки, чем уменьшают попадание сточных вод в систему канализации.

Дождевые сады занимают небольшие участки городских территорий, расположенные в естественных понижениях ландшафта, занятые кустарниками и растениями, с помощью которых собирается дождевая вода с крыш и тротуаров. На таких участках ливневая вода более медленно просачивается в землю. Дождевые сады необходимы для контроля над ливневым стоками и служат для её улавливания.

Отключение водосточной трубы, как вид зеленой инфраструктуры, предполагает отделение водосточной трубы с крыши от системы канализации и перенаправление стока воды с крыш на проницаемые поверхности.

Bioswales по своему функционированию и предназначению схожи с дождевыми садами. Они представляют собой засаженные растениями или мульчированные каналы, расположенные в длинных узких пространствах городской застройки. Главной их функцией является поглощение и перенос ливневых стоков в канализацию.

Зеленые аллеи появляются в результате преобразования существующих в городах переулков. Преобразованные зеленые переулки обладают рядом экологических преимуществ, таких как: отражение большего количества света, улавливание ливневых вод, поглощение шума и другие.

Преобразованные школьные дворы, включающие в себя элементы зеленой инфраструктуры, такие как дождевой сад, рощи деревьев с дорожками из проницаемого материала, спортивные искусственные поля с основанием из дерна получили название зеленые школьные дворы.

Развитие городов за последние десятилетия происходило очень быстро. Площади городов расширились за счет их окраин, часто проекти-

рование отставало, в результате появлялось хаотичное увеличение городских территорий. Это приводило к неизбежному разрушению природных ландшафтов, сокращению озелененных площадей и, как следствие, нарушению экологии. В связи с этим возникает необходимость строгого планирования зеленой инфраструктуры с соблюдением определенных принципов, описанных ниже.

Принцип 1. Зелёная инфраструктура работает как структура для «сохранения и развития окружающей среды и общества». Каждый ее элемент должен быть связан между собой и с окружающей природой. Все озеленённые территории должны быть связаны между собой в общую озеленённую структуру. Этот принцип необходим проектировщикам для сведения к минимуму негативного воздействия каких-либо строительных работ или использования территории [5].

Принцип 2. Проектирование зелёной инфраструктуры должно быть заблаговременным, перед началом каких-либо работ. Как правило, в структуре городов уже имеются озелененные участки. И непродуманная застройка может их разрушить, поэтому такие территории нуждаются в охране. Также в городах зачастую присутствуют ранее разрушенные зеленые территории, которые необходимо восстановить. Освоение участка застройки должно происходить так, чтобы не только сохранить необходимые зеленые «острова», но и предусмотреть возможность повторного соединения изолированных зеленых территорий между собой [5].

Принцип 3. Цель зеленой инфраструктуры – взаимосвязанность. Сеть зеленой инфраструктуры должна работать как единое целое. Ранее планирование озеленения сводилось к проектированию отдельных зеленых участков (садов, парков, скверов и т.д.), программа их дальнейшего развития не составлялась. В результате с годами происходила утрата данными объектами своих экологических и социальных функций. Такие территории необходимо выявлять, максимально пытаться их связывать между собой и с существующей системой озеленения. Это поможет восстановить их экологические и социальные функции [5].

Принцип 4. Для функционирования зеленой инфраструктуры необходимы регламентирующие законодательные документы [5].

Принцип 5. В основе зелёной инфраструктуры должны быть заложены научные знания, в том числе и смежных профессиональных дисциплин. Зеленая инфраструктура опирается на данные таких наук и отраслей, как: экология, ландшафтная архитектура, ландшафтное планирование, охрана природы, городское и региональное планирование, геоинформационные системы и т.п. Такое комплексное изучение вопроса позволяет сформировать целостный подход в проектировании системы озеленения [5].

Принцип 6. Зелёная инфраструктура, это прежде всего финансовая инвестиция. Хорошо продуманная и обоснованная структура зеленой инфраструктуры может уменьшить потребность в серой инфраструктуре, уменьшая финансовые издержки [5].

В настоящее время отмечается бурный рост плотности многоэтажной застройки, что неразрывно связано с увеличением интенсивности транспортного и пешеходного движения на улицах городов и приводит к необходимости правильного функционирования и размещения элементов зеленой инфраструктуры на их территориях. У разных существующих зон городов сложились свои особенности развития зеленой инфраструктуры. Более подробно рассмотрим их на примере озеленения.

Так, в озеленении исторических районов городов необходимо отдавать предпочтения естественно растущим в этой местности породам деревьев. Большое значение в зонах регулирования застройки придается внешнему благоустройству и озеленению, которые должны закреплять исторически ценную планировку, ее отдельные сохранившиеся компоненты и элементы ландшафтной среды, а также ограничивать строительство транспортных магистралей и инженерных сооружений в историческом ядре территории.

При благоустройстве городов курортов необходимо учитывать потребности отдыхающих людей и природную специфику территории.

При благоустройстве участков, входящих в состав особо охраняемых территорий внутри города, предпочтение отдается той растительности, которая естественно произрастает на них, причем используются те породы деревьев, которые не могут закрыть вид на исторический центр города.

При озеленении городских площадей и улиц зеленые насаждения не должны нарушать целостность внешнего вида территории, необходимо учитывать тот факт, что растения постоянно растут. В центральных районах, как правило плотно застроенных, большое значение имеют малые уголки отдыха. Такие уголки должны располагаться в глубине застройки и способствовать уменьшению нагрузки на основные городские зоны отдыха.

Помимо самого озеленения в зеленую инфраструктуру частично входит водный каркас территории, инфраструктура управления сточными водами, инструменты климатического контроля, биоразнообразие территории и многое другое.

Таким образом, зелёная инфраструктура является неотъемлемой частью городской территории, как и инженерно-транспортные системы, промышленные, социальные и жилые объекты. Отсутствие и неразвитость объектов зеленой инфраструктуры оказывает негативное влияние

на качество жизни и здоровье человека, а также приводит к нарушению экологического баланса и жизнеобеспечения города.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бенедикт М.А.* Зеленая инфраструктура: грамотная охрана для 21 века / М.А. Бенедикт, Э.М. Махоун. Washington, D.C.: Island Press, 2006. 231 с.
2. *Владимиров В.В.* Город и ландшафт: (проблемы, конструктивные задачи и решения) / В.В. Владимиров, Е.М. Микулина, З.Н. Яргина. М.: Мысль, 1986. 238 с.
3. *Климанова О.А.* Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития / О.А. Климанова, Е.Ю. Колбовский, О.А. Илларионова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 324 с.
4. *Подойницына Д.С.* Зеленая инфраструктура как система озелененных пространств / Д.С. Подойницына // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАрхИ: Тезисы докладов. М.: Архитектура-С, 2014. С. 111-112.
5. *Подойницына Д.С.* Критический анализ концепции зеленая инфраструктура / Д.С. Подойницына // АМІТ. 2016. № 34(1). URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2016/1kvart16/pod/abstract.php>.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЯЧЕЙКИ НА ЗАКЛИНИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ИННОВАЦИОННОЙ 3D-ГЕОРШЁТКИ

**В.А. Галибина, К.А. Куликова**

Научный руководитель – **К.А. Куликова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние диаметра вписанной окружности инновационной 3D-георешётки на ее заклинивающую способность крупного инертного материала несущего слоя основания нежесткой дорожной одежды.*

**Ключевые слова:** георешётка, армирование, заклинивающая способность, размер ячейки, высота поперечного сечения

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE CELL SIZE ON THE WEDGING ABILITY OF THE INNOVATIVE 3D-GEOGRID

**V.A. Galibina, K.A. Kulikova**

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The influence of the diameter of the inscribed circle of an innovative 3D-geogrid on its wedging ability of a large inert material of the base layer of a non-rigid pavement is considered.*

**Keywords:** geogrid, reinforcement, wedging ability, cell size, cross-sectional height

Устройство щебеночного основания является технологически важным и необходимым этапом, поскольку оно является несущим слоем конструкции дорожной одежды. Повышение прочностных характеристик слоя обуславливается качественной заклинкой.

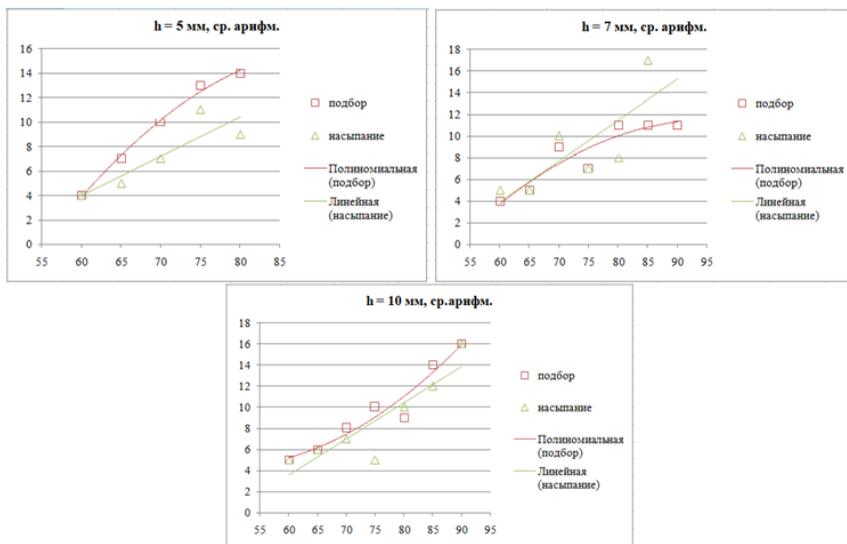
Размер ячеек существующих георешёток имеет низкую вариативность, снижая возможность адаптации армирования дорожных конструкций под проектные нагрузки и перспективные параметры эксплуатации.

Наиболее распространенный размер ячейки двуслойной георешётки (40×40 мм) при армировании слоев основания из крупнофракционных необработанных материалов полностью соответствует требованиям раздела 5 ОДМ 218.5.002-2008 [1].

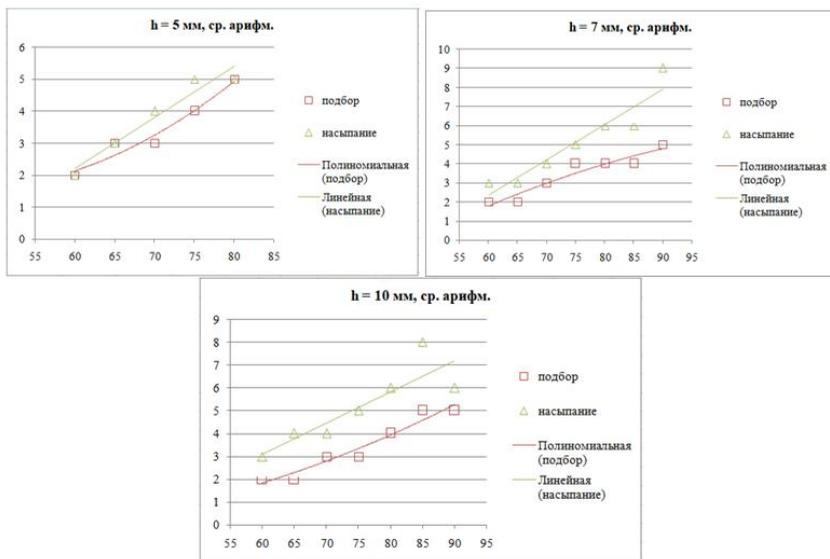
На базе Ярославского государственного технического университета преподавателями кафедры «Гидротехническое и дорожное строительство» была разработана инновационная 3D-георешётка (патент RU 2 652 411 С1 от 2018.26.04 [2]), характеризующаяся гексагональной формой и высотой поперечного сечения от 3 до 35 мм.

Для исследования качества заклинки были изготовлены опытные образцы с высотой поперечного сечения 5, 7 и 10 мм диаметрами вписанной окружности от 60 до 90 мм с шагом 5 мм.

Испытания проводились методом подбора и методом насыпания, для создания условий максимально приближенных к реальным (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Зависимость количества заклиненных зерен щебня от диаметра 3D-георешётки высотой поперечного сечения 5, 7 и 10 мм для фракции щебня 20 мм**



**Рис. 2. Зависимость количества заклиненных зерен щебня от диаметра 3D-георешётки высотой поперечного сечения 5, 7 и 10 мм для фракции щебня 40 мм**

По полученным результатам можно сделать ряд выводов:

1. С увеличением высоты поперечного сечения увеличивается заклинивающая способность ячейки (для одного диаметра с увеличением высоты поперечного сечения требуется меньше зерен щебня).
2. С увеличением высоты поперечного сечения вероятность заклинки возрастает.
3. При наибольшей высоте поперечного сечения жесткость 3D-георешётки возрастает, что положительно влияет на заклинивающую способность.
4. С увеличением диаметра вписанной окружности заклинивающая способность постепенно снижается.
5. «Вогнутые» кривые методом подбора говорят о необходимости проведения испытаний образцов с большими диаметрами вписанной окружности, поскольку значения максимально испытанных диаметров не стремятся к стабильности.
6. Кривые «насыпания» и «подбора» образуют область возможной заклинки.
7. С увеличением крупности инертного заполнителя заклинка улучшается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.5.002-2008 Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200066838> (дата обращения 30.12.2021).
2. Пат. RU 2652411 С1 Рос. Федерация, МПК E01C 5/20 Георешетка для армирования дорожной одежды / А.А. Игнатьев, К.А. Курочкина, Е.А. Ронжин. Опубл. 26.04.2018, Бюл. № 12.

## **ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ВВЕДЕНИЕМ СЕМЯН БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО**

**Р.А. Дубов, А.В. Калинин**

Научный руководитель – **А.В. Калинин**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние плодов борщевика Сосновского, вводимых в асфальтобетонную смесь при ее приготовлении, на морозостойкость получаемого асфальтобетона.*

***Ключевые слова:** асфальтобетон, морозостойкость, борщевик Сосновского*

## **ASSESSMENT OF ASPHALT CONCRETE FROST RESISTANCE WITH THE SEEDS OF HERACLEUM SOSNOWSKYI**

**R.A. Dubov, A.V. Kalinin**

Scientific Supervisor – **A.V. Kalinin**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the influence of the seeds of Heracleum Sosnovskyi, introduced into the asphalt mixture during its preparation, on the frost resistance of the resulting asphalt concrete.*

***Keywords:** asphalt concrete, frost resistance, Heracleum Sosnovskyi*

1. Одна из причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий – их недостаточная водо- и морозостойкость. На дороге могут появляться такие дефекты, как шелушение, выкрашивание, выбоины, трещины, а при снижении прочности и ослаблении всего конструктива дорожной одежды может возникнуть колея с сеткой трещин [1].

2. Основной причиной указанных разрушений является неудовлетворительное сцепление битумов с поверхностью минеральных материалов, особенно кислых пород и, как следствие, недостаточная водо- и морозостойкость асфальтобетона. Практика и многочисленные исследования в нашей стране показали, что один из эффективных путей обеспече-

ния требуемого сцепления битумов с поверхностью применяемых минеральных материалов – применение добавок катионных ПАВ в битумы [2]. К этой группе относятся адгезионные добавки «АМДОР-9» (ООО «АМДОР»), «ДОРΟΣ-АП» (ООО «ДОРΟΣ»), «ДАД-К» (ООО «Селена»), «БП-3М» и другие. Повышение морозостойкости асфальтобетона путем введения в состав асфальтобетонной смеси различных добавок является актуальной задачей.

3. Исследования, проведенные учеными Института химии и химической технологии ЯГТУ [3], показали, что введение эфирных масел из плодов борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi*) в состав резин позволяет расширить температурный диапазон их использования в области отрицательных температур (т.е. повысить их морозостойкость). Кроме того, авторами предлагается по истечении срока полезного использования утилизировать эти резины в резиновую крошку как компонент в производстве полимерно-битумных вяжущих, снижающих растрескивания дорожных покрытий в зимний период времени. Учитывая выявленные в [3] свойства эфирных масел из плодов борщевика Сосновского, представляется возможным и целесообразным непосредственное введение семян в асфальтобетонную смесь для повышения ее морозостойкости.

4. Для проведения испытаний был выбран горячий плотный асфальтобетон типа Д по ГОСТ 9128-2013 [4], включающий 0,2-0,5% семян борщевика Сосновского. Использовались плоды борщевика Сосновского, собранные в августе 2020 г. в Ярославле, высушенные и хранившиеся без доступа солнечного света в сухом прохладном месте. Приготовление смесей в лаборатории, изготовление образцов и последующие испытания производились в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 [5].

5. Поскольку плоды борщевика по своим физическим свойствам значительно отличаются от известных добавок-модификаторов асфальтобетонных смесей и имеют другую природу, было принято решение назначить их содержание в смеси исходя из требования ГОСТ 31015-2002 – потребность в стабилизирующей добавке (изготавливаемой в основном из целлюлозных волокон) в составе ЦМА составляет 0,2-0,5%. Образцы распределены на группы по процентному содержанию семян борщевика в смеси:

- группа 1 – содержание семян борщевика 0% (контрольная),
- группа 2 – содержание семян борщевика 0,2%,
- группа 3 – содержание семян борщевика 0,3%,
- группа 4 – содержание семян борщевика 0,4%,
- группа 5 – содержание семян борщевика 0,5%.

По каждой группе образцов были определены средняя плотность уплотненного материала, водонасыщение, набухание, предел прочности

при сжатии, водостойкость, морозостойкость асфальтобетона. Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты эксперимента**

Наименование показателя	Номер группы по составу асфальтобетона				
	1	2	3	4	5
Средняя плотность уплотненного материала, г/см <sup>3</sup>	2,55	2,60	2,58	2,57	2,56
Предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С, МПа	3,5	4,0	3,9	3,1	3,1
Водонасыщение, %	3,51	1,28	3,25	3,15	2,58
Водостойкость	1,21	0,86	0,85	1,07	1,04
Морозостойкость (потеря прочности после 5 циклов замораживания-оттаивания), %	58	29	58	48	57

На основе полученных экспериментальных данных были сделаны следующие выводы:

1) Все образцы по основным контролируемым характеристикам (водонасыщению, водостойкости, пределу прочности при сжатии) соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2013 для соответствующего типа асфальтобетона. Плотность уплотненного асфальтобетона, содержащего семена борщевика, незначительно отличается от плотности асфальтобетона без добавок. Следовательно, введение семян борщевика не оказывает ярко выраженного негативного влияния.

2) Включение в состав смеси семян борщевика снижает водостойкость асфальтобетона. Вероятно, причиной является впитывание пористыми оболочками семян, включающихся в структуру асфальтобетона, дополнительной влаги. При этом следует отметить, что меньшие коэффициенты водостойкости для образцов 2 и 3 группы (0,2-0,3% семян борщевика) получаются по причине высокой прочности при сжатии образцов данных составов в сухом состоянии (3,9-4,0 МПа – максимальные значения среди всех групп), обусловленной высокой плотностью асфальтобетона (2,59-2,6 кг/см<sup>3</sup> – также наивысшие значения среди всех групп). Абсолютные значения прочности при сжатии водонасыщенных образцов, полученные при испытаниях, были сопоставимы со значениями прочности 4 и 5 группы.

3) Образцы всех составов показали значительную потерю прочности после 5 циклов замораживания - оттаивания. При этом значения для групп 3-5 (0,3-0,5% семян борщевика) незначительно отличаются от значений для контрольной группы 1 (без семян борщевика). Более высокую

морозостойкость показали образцы из 2 группы (0,2% семян борщевика) – отличие от контрольной партии порядка 2 раз. При этом следует отметить, что, вероятно, разница обусловлена изначально низкой прочностью водонасыщенных образцов 2 группы и, соответственно, меньшим снижением прочности после замораживания - оттаивания. Следовательно, однозначно судить о ярко выраженном повышении морозостойкости асфальтобетона благодаря введению в состав семян борщевика нельзя.

4) Следует учитывать, что, как указано в работе [3], по истечении годичного срока хранения содержание эфирных масел в плодах борщевика снижается до следовых значений, а в исследовании применялись семена, собранные более чем за год до проведения данного исследования, при этом содержание семян в смеси было небольшим.

6. Поскольку параметры водостойкости и морозостойкости асфальтобетона взаимосвязаны, снижение водостойкости, вызванное, вероятно, повышением пористости смесей, содержащих гигроскопичные плоды борщевика, не позволяет рекомендовать данный способ для повышения морозостойкости плотных асфальтобетонов. При этом результат может быть иным при введении семян борщевика в пористые или, что представляется более перспективным, в щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси. Вопрос требует дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисенко В.А.* Методы испытания асфальтобетона. Морозостойкость и усталостная долговечность / В.А. Борисенко, Д.А. Колесник // Дорожная держава. 2014. № 52. С. 80-84.
2. Руководство по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59-68) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032167> (дата обращения 20.12.2021).
3. *Павлов А.В.* Особенности экстракции плодов борщевика Сосновского / А.В. Павлов, В.В. Соловьев // От химии к технологии шаг за шагом. 2021. Т. 2. Вып. 2. С. 81-88.
4. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.
5. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. 63 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
СОЛЕВОГО И ГИПСОВОГО ОСАДКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД ПАО «СИБУР ХОЛДИНГ» В СОСТАВЕ  
ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

**О.Е. Карасева, Д.В. Герасимов**

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*В статье описываются исследование применения солевого и гипсового осадков очистительных сооружений промышленных сточных вод в качестве мелкодисперсного компонента асфальтобетонной смеси.*

***Ключевые слова:** промышленные отходы, переработка отходов, асфальтобетон*

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING SALT  
AND GYPSUM SEDIMENTS OF INDUSTRIAL WASTEWATER  
OF PJSC SIBUR HOLDING AS PART OF A GRANULAR  
ASPHALT-CONCRETE MIXTURE**

**O.E. Karaseva, D.V. Gerasimov**

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article describes the study of the use of salt and gypsum sediments of industrial wastewater treatment plants as a fine component in an asphalt concrete mixture.*

***Keywords:** industrial waste, waste recycling, asphalt concrete*

В современном мире, практически во всех странах, сильно развита промышленная отрасль. Промышленность – важнейшая отрасль народного хозяйства, оказывающая решающее воздействие на уровень развития производительных сил общества [1]. Это все предприятия: шахты, рудники, заводы, фабрики, комбинаты, электростанции и т.д. – расположенные по всему миру. Но так же как промышленность дает людям блага, так и наносит вред. Самым явным примером непоправимого вреда является ухудшение экологической обстановки из-за промышленных отходов.

Промышленные отходы – это совокупность химических веществ, мусора, материалов, деталей, которые появляются в процессе производства [2]. Рост объёмов отходов пропорционален темпам потребления промышленной продукции и сырьевых ресурсов, использованных в ходе производства. В свою очередь, человечество всё более чётко начало осознавать, что загрязнение окружающей среды начинает напрямую влиять на качество жизни самого человека как биологического вида, а любой ресурс на планете имеет ограниченные запасы. Следовательно, необходимым перелом в сложившейся ситуации, выходом является ресайклинг – вторичная переработка отходов и повторное использование вторсырья. На данный момент, учёными и исследователями по всему миру ведётся поиск новых способов утилизации или повторного применения отходов. Более того, подобные разработки позволяют на данный момент существенно снизить стоимость производимой продукции, поскольку к вторсырью относятся по большей мере как к отходам, чем как ценному ресурсу.

Когда речь заходит о вторичной переработке отходов, требования к очередной технологии обуславливаются критериями:

1) материалоемкости – чем выше процент вторичного сырья в новом продукте и выше потребность в нём, тем выше польза для экологии;

2) безопасности – продукт из вторичного сырья в своём новом исполнении должен быть безопасен для природы и человека;

3) простоты технологии – от этого зависит скорость внедрения данной технологии и выгодность производства продукта из вторичного сырья;

4) качества – потребительские характеристики нового продукта, произведённого из вторичного сырья, не должны быть ниже чем у продукта на основе традиционных компонентов.

Дорожное строительство целиком и полностью отвечает данным критериям. Таким образом, все разработки в данном направлении общепризнаны весьма актуальными и перспективными.

ПАО «СИБУР холдинг» – крупнейшая нефтегазохимическая компания России также столкнулась с проблемой утилизации (вторичной переработки) солевого и гипсового осадков очистительных сооружений промышленных сточных вод.

В Ярославском государственном техническом университете с 2017 года активно ведётся разработка асфальтобетонной смеси, изготавливаемой по технологии гранулирование окатыванием. Одной из особенностей данного материала является отсутствие в составе песка и увеличенное до двух раз процентное содержание мелкодисперсного компонента – минерального порошка, что делает задачу поиска замены традиционного минерального порошка альтернативным мелкодисперсным материалом со

схожими свойствами, но с меньшей стоимостью. Технология гранулирование окатыванием позволяет более равномерно распределять битумное вяжущее на поверхности минеральных компонентов, особенно мелкого минерального заполнителя, что позволяет достичь более высокой прочности асфальтобетонного покрытия и применять мелкодисперсные компоненты большей гидрофильности. Помимо этого, битумное вяжущее модифицируется вторичным полиэтилентерефталатом (измельчённые пластиковые бутылки), что теоретически должно дополнительно стабилизировать и улучшить характеристики водостойкости асфальтобетонной смеси.

Таким образом, целью является исследование возможности применения солевого и гипсового осадков очистительных сооружений промышленных сточных вод ПАО «СИБУР холдинг» в составе гранулированной асфальтобетонной смеси.

Для достижения цели ставятся такие задачи, как изготовление гранулированной асфальтобетонной смеси с описанными выше отходами и проведение экспериментальных исследований образцов по трём ключевым показателям: предел прочности при сжатии при 20°C, водонасыщение и коэффициент водостойкости.

Исходя из имеющегося в распоряжении оборудования, формование и испытания образцов производилось согласно ГОСТ 12801-98 [3]. Для проведения испытания было изготовлено 16 партий по 6 образцов. Во всех представленных партиях использовались: щебень габбро-диабаз фр. 5-8 мм, мелкодисперсный компонент (солевой или гипсовый осадок) и битум марки БНД 90/130, а также полиэтилентерефталат (ПЭТФ) в качестве модификатора битума – указан в скобках под маркировкой смеси в таблице 1.

Важно отметить, что гранулированная асфальтобетонная смесь обладает возможностью уплотнения как в холодном, так и в горячем виде, поэтому образцы маркировались: «г» – горячие, с температурой формования 120 °С и «х» – холодные, с температурой формования 20 °С

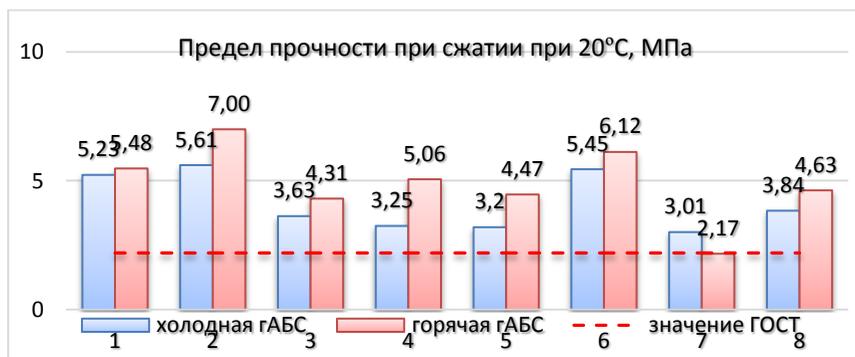
В образцах смеси I<sub>х</sub>, I<sub>г</sub>, II<sub>х</sub>, II<sub>г</sub>, III<sub>х</sub>, III<sub>г</sub>, IV<sub>х</sub>, IV<sub>г</sub> в качестве мелкодисперсного компонента использован гипсовый осадок. В образцах смеси V<sub>х</sub>, V<sub>г</sub>, VI<sub>х</sub>, VI<sub>г</sub>, VII<sub>х</sub>, VII<sub>г</sub>, VIII<sub>х</sub>, VIII<sub>г</sub>.

Полученные результаты (рис. 1–3) сравнивались с критериями ГОСТ 9128-2013 [4] для горячих смесей типа А, марки I для II дорожно-климатической зоны – минимально-допустимые границы норм по ГОСТ 9128-2013 обозначены пунктирной линией.

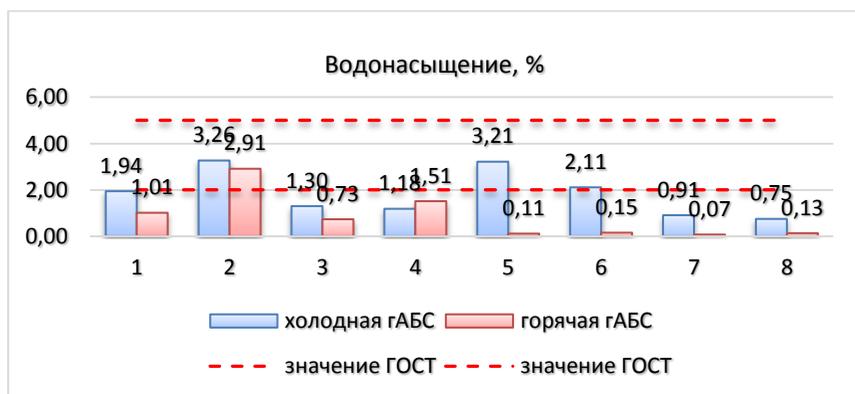
Технологические показатели и состав для холодной и горячей гранулированной асфальтобетонной смеси представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Технологические характеристики и состав  
гранулированной асфальтобетонной смеси**

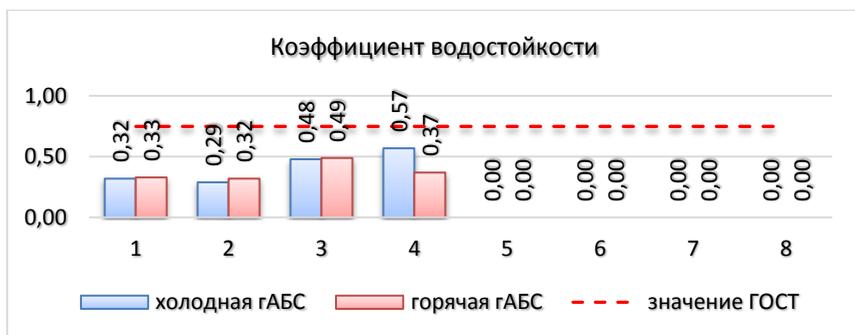
Содержание компонента и условия приготовления	Гипсовый осадок				Солевой осадок			
	Iх, Iг (0%)	IIх, IIг (15%)	IIIх, IIIг (30%)	IVх, IVг (50%)	Vх, Vг (0%)	VIх, VIг (15%)	VIIх, VIIг (30%)	VIIIх, VIIIг (50%)
$T_{\text{модиф. битума}}, ^\circ\text{C}$	210							
$T_{\text{барабана-гранулятора}}, ^\circ\text{C}$	150							
Щебень, г	3000							
Мелкодисперсный компонент, г	2000							
Битум+ПЭТФ, г		460	610	710		430	565	590
Битум, г	500				440			



**Рис. 1. Предел прочности при сжатии при 20 °C**



**Рис. 2. Водонасыщение**



**Рис. 3. Коэффициент водостойкости**

Анализируя результаты, допустимо сделать следующие выводы:

1) Солевой осадок не может быть использован в качестве мелкодисперсного компонента в составе холодной и горячей гранулированной асфальтобетонной смеси по причинам полного отсутствия водостойкости (образцы разваливаются, спустя 15 суток в воде);

2) Гипсовый осадок не может быть использован в качестве мелкодисперсного компонента в составе горячей гранулированной асфальтобетонной смеси по причине низкого коэффициента водостойкости, однако применение гипсового осадка в холодной асфальтобетонных смеси допустимо, поскольку для холодных смесей коэффициент водостойкости не определяется, а учитывается исключительно прочность водонасыщенных образцов, составившая от 1,63 до 2,24 МПа, что удовлетворяет критерии ГОСТ 9128-2013 для холодных асфальтобетонных смесей типа Бх, марки I.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленность – Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленность> (дата обращения 9.03.2022).
2. Промышленные отходы: классификация и способы утилизации мусора. URL: <https://promusor.info/othody/industrial/othody-proizvodstva/> (дата обращения 9.03.2022).
3. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. 63 с.
4. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 50 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОДОВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЩМА**

**Д.М. Ласточкин, А.В. Калинин**

Научный руководитель – **А.В. Калинин**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность применения плодов борщевика Сосновского в качестве стабилизирующей добавки при приготовлении щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси и соответствие характеристик полученного асфальтобетона нормативным требованиям.*

***Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальтобетон, стабилизирующая добавка, борщевик Сосновского*

## **APPLICATION OF THE SEEDS OF HERACLEUM SOSNOWSKIY AS A STABILIZING ADDITIVE FOR STONE MASTIC ASPHALT**

**D.M. Lastochkin, A.V. Kalinin**

Scientific Supervisor – **A.V. Kalinin**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the possibility of using the seeds of *Heracleum Sosnovskiy* as a stabilizing additive for stone mastic asphalt and the compliance of the characteristics of the obtained asphalt concrete with regulatory requirements.*

***Keywords:** stone mastic asphalt, stabilizing additive, *Heracleum Sosnovskiy**

Уже более десяти лет на многих дорогах России верхний слой покрытия устраивается из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА). Из некогда внедряемого по программе инноваций опытного материала он стал широко применяемым не только на федеральных, но и на региональных трассах, а также на улицах городов. ЩМА широко применяют в рамках реализации национального проекта «Безопасные качественные автомобильные дороги».

Одной из особенностей ЩМА является повышенное, по сравнению с традиционными горячими смесями, содержание битума, поэтому обязательным компонентом щебеночно-мастичной асфальтобетонной

смеси является стабилизирующая добавка. Она требуется для того, чтобы удерживать битумное вяжущее на поверхности зерен минерального материала, препятствуя таким образом расслаиванию, которое может возникать во время промежуточного хранения и транспортировки горячей смеси к месту укладки. В качестве стабилизирующей добавки применяются целлюлозные волокна или прессованные гранулы из целлюлозных волокон, а также полимерные или минеральные волокна. Наибольшее распространение получили стабилизирующие добавки для ЦМА на основе целлюлозных волокон [1].

Промышленностью выпускается широкий ассортимент стабилизирующих добавок для ЦМА, при этом непрерывно идет поиск новых материалов для их изготовления [2], в том числе нетрадиционных, например, травяной целлюлозы, получаемой из льна, рапса, камыша [3].

Сырьем для получения целлюлозы могут служить практически любые растения. Ученые Института химии и химической технологии ЯГТУ в своем исследовании [4] указали на возможности полезного применения в химической промышленности борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi*) – опасного инвазивного растения, занявшего, по некоторым оценкам, более миллиона гектаров земель в европейской части России.

Представляется возможным применение борщевика Сосновского для изготовления стабилизирующей добавки для ЦМА. Наиболее простым и удобным может быть введение в смесь высушенных зрелых плодов борщевика, что исключает необходимость переработки растения и приготовления гранул.

Для проведения испытаний был выбран щебеночно-мастичный асфальтобетон типа ЦМА-8 по ГОСТ Р 58406.1-2020. Состав смеси:

- щебень и дробленый песок (0,125-8,0 мм) – 77,5%;
- битум БНД 60/90 – 7%;
- минеральный порошок (доломитовая мука) – 15%;
- стабилизирующая добавка – 0,5%.

Для сравнения физических и эксплуатационных показателей ЦМА приготавливались два вида смесей:

- с традиционной стабилизирующей добавкой, применяемой в производстве асфальтобетонных смесей (гранулированный стабилизатор Хризотоп из минерального хризотилового волокна);
- с сухими плодами борщевика Сосновского, содержащими семена.

Использовались плоды борщевика Сосновского, собранные в августе 2020 г. в Ярославле, высушенные и хранившиеся без доступа солнечного света в сухом прохладном месте. Приготовление смесей в лаборатории и изготовление образцов производились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58406.9-2019.

По каждой группе образцов были определены:

- разрушающая нагрузка, деформация и сопротивление пластическому течению по методу Маршалла (по ГОСТ Р 58406.8-2019);
- водостойкость и адгезия (по ГОСТ Р 58401.18-2019).

Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты эксперимента**

Наименование показателя	Вид стабилизатора	
	Плоды борщевика	«Хризотоп»
Разрушающая нагрузка по Маршаллу, Н	7293	7193
Деформация по Маршаллу, мм	3,66	3,53
Сопротивление пластическому течению, Н/мм	1993	2038
Коэффициент водостойкости	0,96	0,98
Адгезия	4 балла	4 балла

Полученные значения сравнивались с требованиями ГОСТ Р 58406.1-2020. На основе полученных экспериментальных данных были сделаны следующие выводы:

Изученные физические и эксплуатационные показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона с плодами борщевика Сосновского в качестве стабилизатора удовлетворяют нормативным требованиям и по своим значениям близки к ЩМА с традиционным стабилизатором Хризотоп.

Плоды борщевика Сосновского не оказывают ярко выраженного влияния на свойства асфальтобетона, следовательно, могут использоваться в качестве стабилизирующей добавки.

Вопрос требует дальнейших исследований по дополнительным характеристикам ЩМА, нормируемым ГОСТ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щебеночно-мастичный асфальт (ЩМА). URL: <https://www.npfselena.ru/ technologies/crushed-stone-mastic-asphalt/> (дата обращения 02.03.2022).
2. Соловьёва А.А. Стабилизирующие добавки различного производства для щебеночно-мастичного асфальтобетона / А.А. Соловьёва, А.Н. Новик // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 6(69). С. 25-34.
3. Мухаметханов А.М. Стабилизатор на основе травяной целлюлозы для щебеночно-мастичного асфальтобетона / А.М. Мухаметханов, В.И. Гаврилов, О.К. Нугманов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 9. С. 232-237.
4. Павлов А.В. Особенности экстракции плодов борщевика Сосновского / А.В. Павлов, В.В. Соловьев // От химии к технологии шаг за шагом. 2021. Т. 2. Вып. 2. С. 81-88.

## «ТОЩИЙ» ЦЕМЕНТОБЕТОН С ДОБАВКОЙ ИЗ САПРОПЕЛЯ ОЗ. НЕРО

**Д.П. Маслов, В.М. Дудин**

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассмотрено применение тощего цементобетона с добавкой сапропеля оз. Неро. В данной статье представлен обзор исследований по оценке влияния добавки сапропеля на прочность цементобетона.*

**Ключевые слова:** сапропель, цементобетон, прочность

## «SKINNY» CEMENT CONCRETE WITH AN ADDITIVE FROM SAPRO-PELE LAKE NERO

**D.P. Maslov, V.M. Dudin**

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

Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the use of lean cement concrete with the addition of sapropel oz. Nero. This article presents an overview of studies to assess the effect of sapropel additives on the strength of cement concrete.*

**Keywords:** sapropel, cement concrete, strength

Потребность в повышенных требованиях по технологичности и прочности бетонной смеси для дорожного строительства приводит к необходимости использования модифицирующих добавок для получения композиционных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами.

Наиболее распространенным способом, позволяющим добиться увеличения прочности «тощего» бетона, является введение, в процессе создания бетонной смеси, различных добавок, которые по-разному влияют на свойства готового продукта. Применение добавок является наиболее эффективным и в то же время менее затратным способом. Грамотно

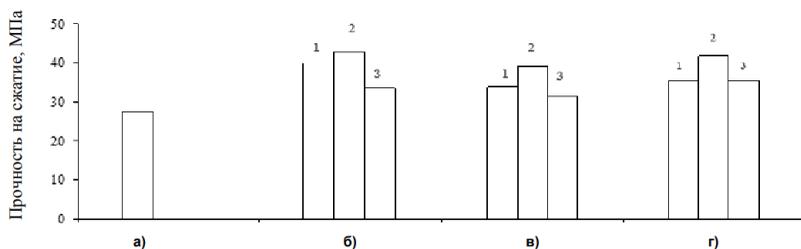
подобранный на этапе лабораторных исследований состав модифицированного «тощего» бетона позволяет решить любые проблемы, связанные с получением заданных свойств бетона. Высокая прочность, низкая проницаемость, повышенная долговечность и морозостойкость могут быть достигнуты с применением высокоподвижных бетонных смесей, содержащих современные добавки. Одной из таких добавок является сапропель.

В сапропелях выделяют три составляющие компоненты: биологически активную, органическую и минеральную. Зола сапропелей или продукты их переработки состоят только из минеральной компоненты. Минеральная часть сапропелей образована скелетными остатками водной растительности (диатомитовые водоросли) и микроорганизмов. Генезис материала сапропелей предполагает содержание в нем кремнезема в аморфной растворимой форме. Поэтому золы представляют интерес в плане использования их в качестве активных минеральных добавок в цементы [1].

Рассмотрим имеющийся опыт применения активных минеральных добавок зол сапропеля, целью которого являлась оценка пуццолановой активности зол сапропеля и изучение свойств цементного камня с добавками зол.

Исследования проводились на основе материала, взятого на территории основных месторождений Омской области – озер: Пучай, Жилой Рям и Молоковское.

Результаты исследования прочностных показателей (после 28 суток твердения при  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ) приведены на рис. 1.



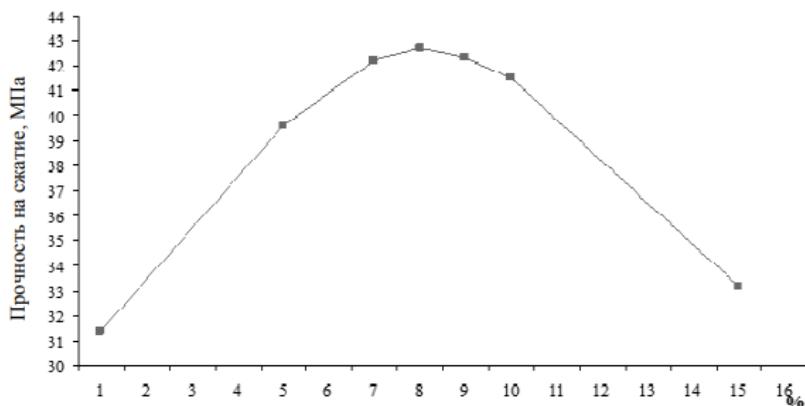
**Рис. 1. Прочность на сжатие цементного камня на основе ПЦ 400 с различными добавками [1]:**

*а* – Glenium (Gl); *б* – Gl и зола сапропеля оз. Пучай; *в* – Gl и зола сапропеля оз. Жилой Рям; *г* – Gl и диатомитовая крошка; 1 – 5%; 2 – 10%; 3 – 15%

Примечание: для того чтобы снизить водопотребность исследуемых образцов, дополнительно использовалась добавка пластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов Glenium компании «BASF Строительные системы».

Так как наибольшая прочность отвечает составам с золой сапропеля озера Пучай, дальнейшие исследования свойств цементного камня проводились именно с этой добавкой.

В ходе эксперимента было выявлено, что оптимальное содержание сапропеля оз. Пучай в цементной смеси составляет 8% (от массы цемента) (рис. 2).



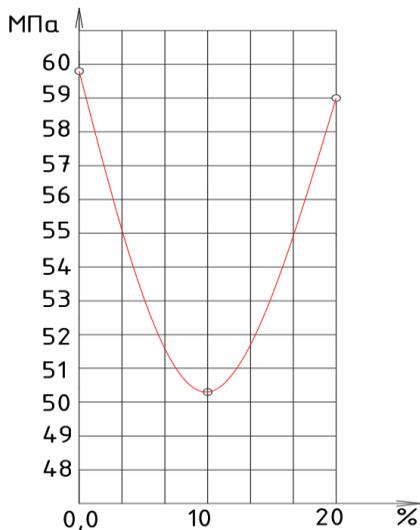
**Рис. 2.** Изменение прочности на сжатие цементного камня на основе ПЦ 400 с увеличением содержания добавки «золы сапропеля озера Пучай» (пластификатор «Glenium») [1]

Рассмотрим другой имеющийся опыт применения активных минеральных добавок зол сапропеля, но уже на основе материала, добытого в основном месторождении Ярославской области – озере Неро.

Результаты исследований представлены на рис. 3.

По итогам проведенных исследований был сделан вывод, что введение добавки «золы сапропеля», так или иначе влияет на прочностные свойства цементобетона. Введение добавки золы сапропеля в дозировке 10% от массы цементобетона привело к существенному снижению его прочностных характеристик. Прочность образцов без введения активных минеральных добавок оказалась выше, чем образцов с их использованием. Ближайшая марка бетона, соответствующая полученным образцам – это М75 (В5). Полученная марка подходит для строительства оснований автомобильных дорог из бетона.

На основании полученных данных можно сделать предположение, что при выдержке бетона не 28, а 90 суток образцы наберут достаточную прочность для соответствия более высокому классу бетона. Однако эти предположения требуют дальнейших исследований.



**Рис. 3. График зависимости средней прочности цементобетона от процентного содержания добавки «золы сапропеля оз. Неро» [2]**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золы сапропеля как добавки к портландцементу. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zoly-sapropeley-kak-dobavki-k-portlandsementu> (дата обращения 28.02.2022).
2. *Карсаков Н.В.* Применение «тощего» цементобетона в дорожном строительстве / Н.В. Карсаков, В.М. Дудин // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 398-401.

## **ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОЙ СЕГРЕГАЦИИ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА ИЗ ХОЛОДНОЙ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

**Н.М. Пешков, В.М. Дудин**

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассмотрено изменение основных свойств асфальтобетона из холодной гранулированной асфальтобетонной смеси при возникновении механической сегрегации.*

***Ключевые слова:** сегрегация, холодная асфальтобетонная смесь, гранулы, прочность асфальтобетона*

## **THE EFFECT OF FRACTIONAL SEGREGATION ON THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE FROM COLD GRANULATED ASPHALT CONCRETE MIXTURE**

**N.M. Peshkov, V.M. Dudin**

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

Yaroslavl State Technical University

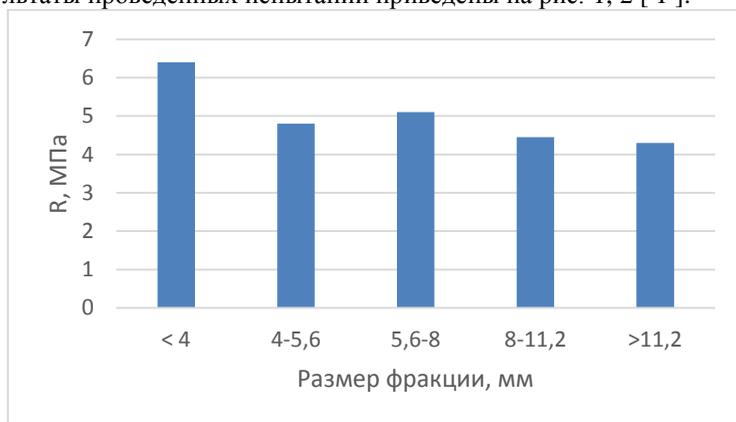
*The paper considers the change in the basic properties of asphalt concrete from cold granulated asphalt concrete mixture in the event of mechanical segregation.*

***Keywords:** segregation, cold asphalt concrete mixture, granulate, strength of asphalt concrete*

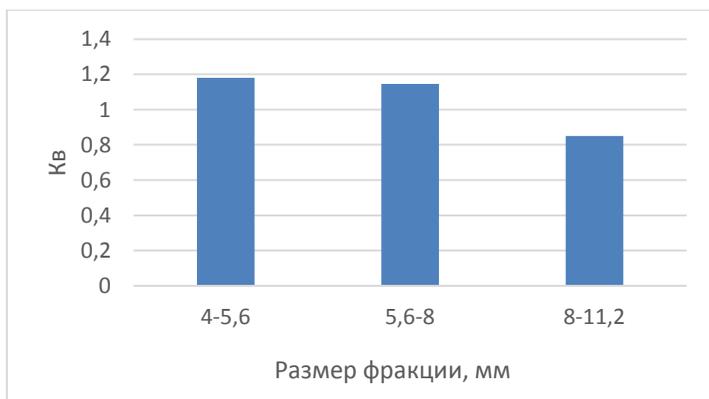
В данный момент существует несколько видов асфальтобетонной смеси:

- горячие – на данный момент основной материал для строительства автомобильных дорог, температура укладки 110-120 °С;
- холодные – может применяться для асфальтирования небольших территорий, не требует разогрева перед укладкой;
- литые – разновидность горячих смесей, имеет жидкую консистенцию, температура укладки 190-230 °С.

Чаще всего для заделки выбоин на дорогах применяют литой асфальтобетон для транспортирования и распределения которого нужно специальное оборудование – «кохер». В связи с тем некоторыми организациями сейчас предлагается применять для ремонта выбоин вместо литого асфальтобетона холодный, что может позволить обходиться без специальных систем транспортирования и укладки. Холодные асфальтобетонные смеси выпускаются на основе битумных эмульсий или жидких битумных вяжущих. Срок хранения таких материалов не превышает 5-6 месяцев, при условии хранения штабелями, в мелких объёмах такие смеси теряют свои свойства ещё быстрее. В стенах ЯГТУ был разработан холодный асфальтобетонный гранулят, который лишён этого недостатка и способен храниться без потери своих свойств гораздо дольше. Данный вид асфальтобетонной смеси обладает хорошей сыпучестью, не слипается легко уплотняется специализированной техникой. Однако как горячие смеси, так и холодные подвержены такому явлению как «сегрегация», в частности – фракционная. Фракционная сегрегация – расслоение асфальтобетонной смеси под действием центробежных и центростремительных сил при вращении барабана – гранулятора; гравитационных сил при свободной засыпке в бункер готовой продукции или в бункер асфальтоукладчика; вертикальных и горизонтальных колебаний при транспортировании.[2] Было выдвинуто предположение, что для исключения явления фракционной сегрегации смеси можно разделить её на узкие фракции: менее 4 мм; 4-5,6 мм; 5,6–8 мм; 8-11,2 мм и более 11,2 мм. Сортировка гранул выполнялась на ситах по ГОСТ 33029-2014. Формование и испытания образцов осуществлялось по ГОСТ 12801-98 без нагрева смеси. Результаты проведённых испытаний приведены на рис. 1, 2 [ 1 ].



**Рис. 1. Зависимость предела прочности асфальтобетона от размера фракции холодной гранулированной асфальтобетонной смеси**



**Рис. 2. Зависимость коэффициента водостойкости асфальтобетона от размера фракции холодной гранулированной асфальтобетонной смеси**

По результатам испытаний видно, что прочность образцов асфальтобетона зависит от фракции холодного асфальтобетонного гранулята. Пиковое значение прочности было зафиксировано для фракций менее 4 мм, наименьшее для фракций более 11,2 мм, что вполне объясняется площадью контакта гранул в сформованных образцах. Чем крупнее гранулы, тем меньше площадь их соприкосновения в образцах с одинаковой массой и выше пористость, следовательно – ниже прочность. Данная теория также подтверждается испытаниями по определению водостойкости образцов (см. рис. 2).

Таким образом, испытания показали, что предварительно разделив холодную гранулированную асфальтобетонную смесь на фракции мы можем способствовать уменьшению прочности и водостойкости асфальтобетона, что является неприемлемым, следовательно, необходимо проводить дальнейшие сравнительные испытания образцов с ярко выраженной сегрегацией и образцов с рационально подобранным гранулометрическим составом холодного асфальтобетонного гранулята.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев Е.Г.* Применение гранулированного холодного асфальтобетона для ремонта покрытий проезжей части автомобильных дорог / Беляев Е.Г. Дудин В.М. // Семьдесят вторая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ярославль: сб. материалов конф. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. С. 672 – 676.
2. ОДМ 218.3.016-2011 Методические рекомендации по определению фракционной сегрегации асфальтобетонных смесей. М.: Росавтодор, 2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200089960>

## **МОДИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ КОМПАУНДОМ КАУЧУКА БНКС-28АМН С СЕМЕНАМИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО**

**А.С. Смирнова, А.К. Прозоров, К.А. Куликова**

Научный руководитель – **К.А. Куликова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние компаунда каучука с семенами борщевика, вводимых в асфальтобетонную смесь, на качества получаемого асфальтобетона и его морозоустойчивость с целью увеличения межремонтных сроков дорожных покрытий.*

***Ключевые слова:** асфальтобетон, морозоустойчивость, долговечность, прочность, каучук, семена борщевика*

## **MODIFICATION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURE WITH RUBBER BNKS-28AMN COMPOUND WITH BORSCHIEVIK SOSNOVSKY'S SEEDS**

**A.S. Smirnova, A.K. Prozorov, K.A. Kulikova**

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The influence of a compound of rubber with borscht seeds introduced into the asphalt concrete mixture on the quality of the resulting asphalt concrete and its frost resistance in order to increase the repair time of road surfaces is considered.*

***Keywords:** asphalt concrete, frost resistance, durability, strength, rubber, hogweed seeds*

Роль автомобильных дорог в мировой инфраструктуре ежегодно возрастает, повышая требования к длительности их бесперебойного функционирования и увеличения межремонтных сроков с целью эффективного использования средств федерального бюджета.

В настоящее время ведется активная работа по разработке способов повышения прочностных характеристик конструктивных слоев, наря-

ду с модифицирующими добавками, повышающими водостойкость дорожных одежд. В свою очередь, вопрос морозоустойчивости отодвигают на второй план и не уделяют ему должного внимания.

Доцентами кафедры «Химическая технология органических покрытий» Ярославского государственного технического университета А.В. Павловым и В.В. Соловьевым было обнаружено, что эфирное масло плодов борщевика Сосновского может быть использовано в технических резинах как пластификатор, позволяющий повысить морозостойкость этих резин.

Опираясь на положительный опыт повышения морозостойкости резин и учитывая возможность введения резиновой крошки в асфальтобетонную смесь возможным модификатором для дорожных покрытий выступает компаунд каучука с семенами борщевика.

В качестве модификатора для асфальтобетона был использован компаунд каучука БНКС-28АМН с семенами борщевика Сосновского.

Для проведения испытаний был выбран асфальтобетон типа А марки П плотный, мелкозернистый по ГОСТ 9128-2013 [1], включающий компаунд каучука с семенами борщевика (0,75 и 1,0) 8%. Приготовление смесей в лаборатории, изготовление образцов и последующие испытания производились в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 [2].

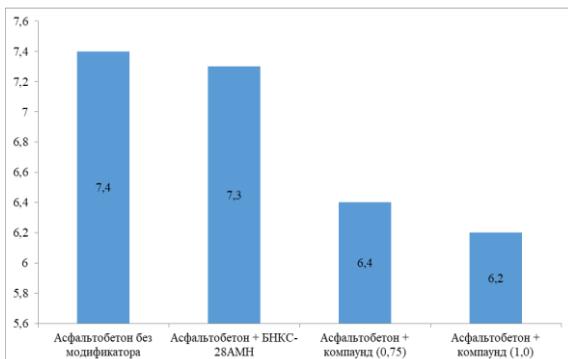
Были сформированы четыре группы образцов:

1. Асфальтобетон без добавления каучука (контрольная партия № 1).
2. Асфальтобетон с добавлением каучука 8% (контрольная партия № 2).
3. Асфальтобетон с добавлением каучука и семян борщевика (0,75) – 8% от массы битума (партия № 3).
4. Асфальтобетон с добавлением каучука и семян борщевика (1,0) – 8% от массы битума (партия № 4).

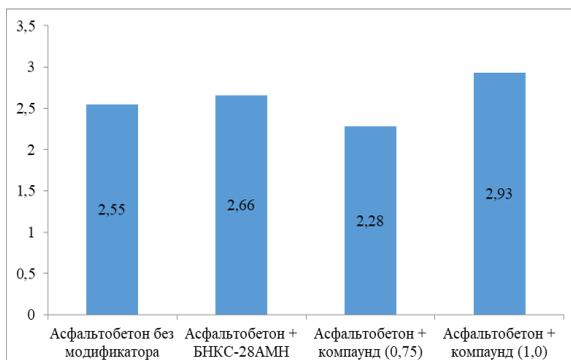
По каждой группе образцов были определены средняя плотность, морозостойкость, водонасыщение, предел прочности при сжатии, водостойкость асфальтобетона. Результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1-3.

**Таблица 1. Результаты эксперимента**

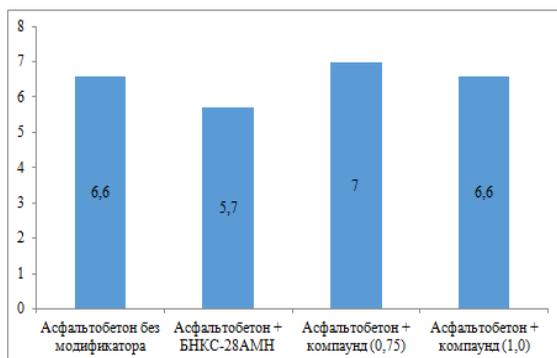
Наименование показателя	Номер группы по составу асфальтобетона			
	1	2	3	4
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,67	2,65	2,65	2,65
Предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С, МПа	7,4	7,3	6,4	6,2
Водонасыщение, %	2,55	2,66	2,28	2,93
Водостойкость	0,89	0,78	1,09	1,06
Морозостойкость	-30,3	-21,1	5,7	-6,1



**Рис. 1. Предел прочности при сжатии**



**Рис. 2. Водонасыщение образцов**



**Рис. 3. Прочность водонасыщенных образцов**

На основе полученных экспериментальных данных были сделаны следующие выводы:

- 1) Все образцы отвечают требованиям ГОСТ 9128-2013.
- 2) При добавлении в асфальтобетон компаунда каучука с смесями борщевика прочностные характеристики материала уменьшаются, но удовлетворяют нормативным нормам.
- 3) При введении модификатора в асфальтобетонную смесь наблюдается снижение плотности образцов на 0,7%, что приводит к незначительному повышению пористости образцов.
- 4) У двух партий с модификатором наблюдается увеличение значений, что в свою очередь аргументирует снижение прочностных характеристик.
- 5) Образцы с компаундом каучука БНКС-28АМн с семенами борщевика Сосновского имеют повышенную водостойкость, что должно положительно сказаться на морозоустойчивости материала.
- 6) Модифицированные образцы имеют неоднородную зависимость полученных данных по морозостойкости. Для наиболее достоверных и точных результатов необходимы дополнительные испытания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 50 с.
2. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. 63 с.

**ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БРАУНШВЕЙГСКОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В ОБЛАСТИ  
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЯЖУЩЕГО**

**Д.О. Тюльпинов, В.А. Денисов., Е.С. Буданова**

Научный руководитель – **Е.С. Буданова**, ст.преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье производится обзор исследований ученых Германии в вопросах повышения эффективности вторичного использования асфальтогранулята.*

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, горячий ресайклинг, повторное использование материалов, асфальтовый гранулят, переработка, вяжущее*

**REVIEW OF RESEARCH BY SCIENTISTS  
AT THE INSTITUTE FOR ROAD CONSTRUCTION  
AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF BRAUNSCHWEIG  
IN THE FIELD OF RHEOLOGICAL STUDIES OF BINDERS**

**D.O. Tyulpinov, V.A. Denisov, E.S. Budanova**

Scientific Supervisor – **E.S. Budanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article provides an overview of research by German scientists on increasing the efficiency of asphalt granulate recycling.*

***Keywords:** automobile road, hot recycling, material reuse, asphalt granulate, recycling, binder*

В области строительных материалов переработка асфальта - одно из важнейших технологических достижений в современном строительстве асфальтовых дорог. Современные стратегии переработки направлены на то, чтобы вторичный асфальт можно было использовать в максималь-

но больших количествах, по возможности на том же уровне качества и, если возможно, таким образом, чтобы асфальт можно было повторно использовать несколько раз. В Германии предпочтительным вариантом является горячий ресайклинг, то есть производство горячей смеси на асфальтосмесительной установке с использованием сфрезерованного асфальта. Ежегодно извлекается около 13 миллионов тонн вторичного асфальта, 84% из которых добавляется в производство асфальта с использованием процесса горячего перемешивания [1].

Концепция новой горячей смеси с использованием вторичного асфальта основана на том условии, что ее качество как минимум эквивалентно асфальтовой смеси без асфальтогранулята [2, 3]. Таким образом, согласно немецким техническим регламентам, к асфальту всегда предъявляются одни и те же требования, независимо от того, используется в нем или нет вторичный асфальт.

С целью горячего ресайклинга асфальтобетонное покрытие измельчается в асфальтовый гранулят, т.е. гранулируется. Асфальтовый гранулят считается качественным строительным материалом, его свойства определяются:

- составом (вязкость вяжущего; модификация (и) вяжущего; кривая градации; доля скругленных поверхностей);
- однородностью состава (сегодня оценивается на основе определенных диапазонов и средних значений характеристических переменных: содержание вяжущего, точка размягчения кольца и шара, содержание наполнителя, содержание песка и фракция зерна более 2 мм; индивидуальные значения проверяются на нормальное распределение и однородность);
- возрастом (степень старения вяжущего);
- экстракций (ширина измельчения) и обработка (гранулирование, просеивание);
- условиями хранения (продолжительность, влажное/сухое хранение; повторная перевалка) [4].

Для повторного использования рецепт нового асфальта должен быть согласован с:

- предполагаемым использованием (например, асфальтовое основание, асфальтовое вяжущее или слой асфальтового покрытия),
- желаемой скоростью добавления асфальтового гранулята с учетом системной технологии асфальтосмесительной установки (устройство для добавления асфальтового гранулята),
- технологией обработки (время перемешивания) для измельчения асфальтового гранулята (чтобы избежать двойного покрытия не полностью разрушенных заполнителей)

- учетом омоложения, которое может быть достигнуто (для компенсации старения вяжущего) путем добавления свежего вяжущего и / или омолаживающей добавки.

Если состав асфальтовой смеси соответствует нормативным требованиям, то для определенного типа и сорта асфальтовой смеси может быть достигнута максимальная доля переработки около 90% по массе, поскольку в результате операций фрезерования, дробления и просеивания теряются доли крупной фракции каменного материала, следовательно, для коррекции гранулометрического состава и компенсации незначительного избытка вяжущего необходимо добавить крупную фракцию каменного заполнителя.

Все типы и сорта асфальта, соответствующие нормативам, могут быть легко получены с добавлением асфальтового гранулята до 30% по массе путем добавления асфальтового гранулята партиями в смеситель, примерно до 40% по массе при непрерывном добавлении путем совместного нагрева свежего заполнителя и асфальтового гранулята.

Если объем добавления превышает 40% по массе, необходимо использовать параллельный барабан в дополнение к сушильному барабану из-за необходимого нагрева асфальтового гранулята с удалением влаги. В качестве второго нагревательного устройства параллельный барабан обеспечивает мягкий нагрев асфальтового гранулята (предпочтительно до температуры ниже 130° С, чтобы минимизировать старение вяжущего вещества) перед его добавлением к свежему каменному материалу.

Содержащееся во вторичном асфальте вяжущее, не пригодно для производства новой асфальтобетонной смеси из-за глубокого старения. Оно хрупкое и подвержено растрескиванию. Снижается прочность сцепления, адгезия к заполнителю и морозостойчивость. Таким образом, старение вяжущего должно компенсироваться мерами омоложения, которые дополняют компоненты вяжущего, потерянные в результате старения, и в значительной степени возвращают состаренное вяжущее в состояние свежего, путем целенаправленного снижения вязкости [4].

В принципе, омоложение может быть осуществлено путем добавления свежего, мягкого вяжущего. Чем более вязкое старое вяжущее или чем больше объем добавления вторичного асфальта, тем больше свежего, мягкого вяжущего необходимо добавить. Если асфальтовый гранулят сильно состарился или должен быть добавлен в больших количествах, количество свежего вяжущего, теоретически необходимое для компенсации, превышает максимально возможное содержание вяжущего, и асфальтовая смесь будет слишком мягкой.

Поэтому при высокой степени переработки необходимо использовать (дополнительно) омолаживающее средство (лат. *re* - снова и *juvenalis* - молодой). Омолаживающее средство добавляется в асфальтовый грану-

лят или смешивается в смесителе и служит для снижения вязкости старого вяжущего в восстановленном асфальте. Омолаживающие добавки снижают вязкость состарившегося вяжущего больше, чем свежие вяжущие, при добавлении значительно меньших количеств.

Как правило, омолаживающие добавки должны иметь битумоподобный состав или не должны изменять вяжущее таким образом, чтобы свойства омоложенного вяжущего были нетипичными по сравнению с обычными вяжущими. Омолаживающие добавки должны полностью растворяться в асфальтобетонной смеси и полностью смешиваться с вяжущим. Можно предположить, что омолаживающие средства на основе углеводородов работают таким образом, что при минимально возможной дозировке они хорошо дополняют компоненты, потерянные в старом связующем. Предположительно, омолаживающая добавка функционирует оптимально, когда восстанавливаются исходные отношения полярности между неполярной мальтеновой матрицей и высокополярным ядром мицеллы, а концентрация асфальтенов в стабилизирующей защитной оболочке мицеллы соответствует исходному состоянию.

Ассортимент омолаживающих средств огромен. Например, сегодня на рынке доступны омолаживающие средства в виде природного битума, минеральных масел или флюсовых масел (частично из переработанных отработанных масел), биогенных продуктов (растительные масла, жирные кислоты, смолы, органические растворители) и химических продуктов (например, силоксаны). Частично омолаживающие добавки являются такими же или подобными добавкам, изменяющим вязкость. Известные названия продуктов (ингредиентов) в Германии сегодня включают Storflux, Storbit, RheoFalt, Regemac, Regefalt, RapBond, Tego, Vesten am er и Stardope (Radenberg et al. 2016).

Технический регламент предпочитает добавление свежего битума для регенерации, другие омолаживающие вещества должны быть согласованы отдельно в строительном контракте. Согласно [5] можно добавлять либо битум с теми же характеристиками, что и требуемый битум, либо битум, который не более чем на одну марку мягче требуемого битума. Добавляемое количество считается оптимальным, если температура размягчения кольца и шара полученного битума находится в диапазоне марок требуемого целевого битума.

Какой и сколько омолаживающего средства следует в идеале добавить в зависимости от свойств асфальтового гранулята, является центральным вопросом при переработке асфальта. На него нужно отвечать в каждом отдельном случае, чтобы обеспечить достаточно хорошие характеристики асфальта. Подходящий для этого метод еще не указан в технических регламентах и является предметом исследования Института авто-

мобильных дорог Технического университета Брауншвейга. В то время как исследования в области химии вяжущих веществ до сих пор предлагали мало решений, оценка реологических характеристик вяжущего кажется сегодня наиболее перспективной.

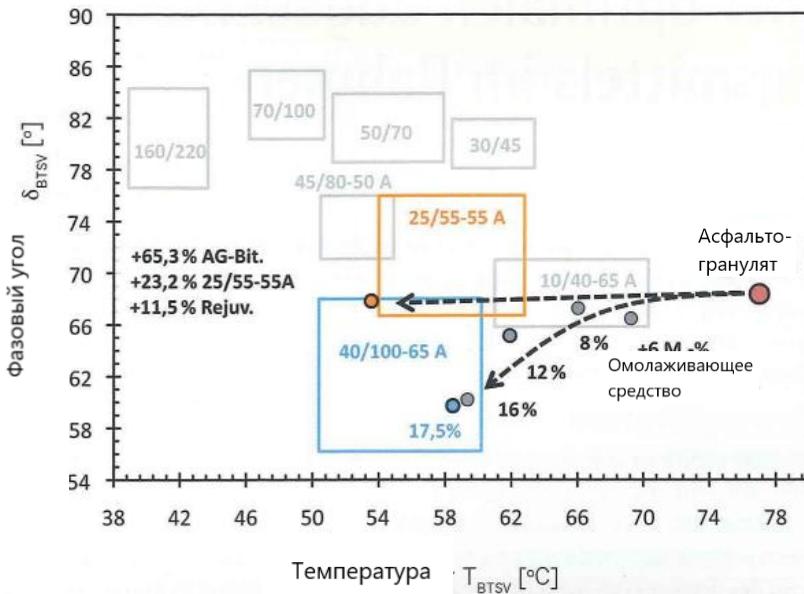
Основанный на методике испытания точки размягчения кольца и шара, быстрая процедура типизации битума (BTSV) позволяет проектировать асфальтобетонную смесь на основе реологических показателей в верхнем диапазоне рабочих температур.

Быстрый метод битумной типизации (BTSV) по DIN 52050 [7] или AL DSR Test [8] BTSV – это практическая процедура с использованием динамического реометра сдвига (DSR), которая может быть использована для корректировки результирующих свойств битума в асфальтовой смеси в диапазоне верхних рабочих температур (около 60 °C). Таким образом, он является адекватной заменой метода испытания на размягчение с кольцом и шариком, с тем существенным отличием, что он подходит для всех дорожных битумов, а также (не так как температура размягчения) для всех модифицированных вяжущих для определения реологических свойств вяжущего (Alisov 2017; Alisov, Wistuba 2016; Wistuba et al. 2018a, 2018b).

С помощью BTSV можно надежно и практически определить интересные реологические параметры с высокой значимостью и очень низкими требованиями к материалам: температуру  $T_{BTSV}$ , при которой комплексный модуль сдвига составляет 15 кПа, и соответствующий фазовый угол  $\delta_{BTSV}$ . Эти характеристические значения для диапазона верхней рабочей температуры очень важны и могут использоваться

- для реологической оценки свойств связующего (вместо точки размягчения кольца и шара);
- для реологической оценки состояния старения вяжущего из асфальтового гранулята;
- для реологической оценки эффективности омолаживающего средства;
- для достижения желаемых реологических свойств.

На рис. 1 показан пример применения BTSV на тестовом участке (Мейендорфер Штрассе, Гамбург). Вяжущее вещество во вторичном асфальте показало очень сильное старение с температурой размягчения кольца и шара 83,3 °C. На рис. 1 показано реологическое поведение в диапазоне верхней рабочей температуры при систематическом добавлении различных примесей и количеств добавок, определенное с помощью BTSV. На основании полученных результатов для достижения желаемых свойств целевого вяжущего было выбрано сочетание свежего вяжущего (23,2% 25/55-55) и омолаживающего средства (11,5%).



**Рис. 1. Изменение реологических свойств состаренного вяжущего из асфальтового гранулята при добавлении свежего вяжущего 25 / 55-55 и омолаживающего средства**

С помощью BTSV можно точно определить максимальное количество омолаживающего агента, но это, как и точка размягчения кольца и шара, относится только к диапазону верхней рабочей температуры. Таким образом, количество добавления, определяемое с помощью BTSV, следует понимать как максимальное значение при рабочих температурах в диапазоне около 60 °C. При превышении этого максимального значения возникает риск пластической деформации (колеяности) асфальта.

BTSV не распространяется на более низкие рабочие температуры. Однако конструкция асфальта с использованием асфальтового гранулята не должна производиться исключительно для диапазона верхних рабочих температур. Поэтому для диапазона более низких температур эксплуатации необходимое количество добавки должно быть определено другим методом. Разработка такого подходящего метода реологических испытаний в настоящее время исследуется в Институте дорожного строительства при Техническом университете Брауншвейга. Эти разработки направлены на создание процедуры испытаний, которую можно проводить с помощью DSR и которая функционирует таким же простым и осмысленным образом, как и BTSV. В результате можно будет определить мини-

мально необходимое количество добавки. Если минимальное значение не достигнуто, существует риск образования холодных трещин в асфальте. Наконец, должна быть возможность определить оптимальное количество добавляемого омолаживающего средства между максимальным значением по BTSV и минимальным значением по новому методу испытания в диапазоне низких температур эксплуатации.

В настоящее время проходит исследования и валидацию метод реологических испытаний, с помощью которого можно будет с достаточной надежностью регулировать свойства связующего в диапазоне рабочих температур около 15 С [10, 11, 12]. Методика испытаний (пока еще недостаточно проверенная) основана – в соответствии с BTSV – на определении комплекса реологических параметров модуля сдвига и фазового угла с помощью измерений колебаний в DSR. Аналогично BTSV, температура эквимодуля  $T_{15\text{МПа}}$  и соответствующий этой температуре фазовый угол  $\delta_{15\text{МПа}}$  считываются как результат на основе кривых зависимости реологических параметров от температуры.

В России методику с использованием динамический свигового реометра DSR применяют для обеспечения внедрения системы Суперпэйв в соответствии с вступившим с 2019-07-01 в действие национальным стандартом ГОСТ Р 58400.1-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации» [9], который устанавливает новую классификацию битумных вяжущих: на смену классификации по физическим свойствам приходит классификация по эксплуатационным характеристикам. Марка вяжущего PG X Y содержит расчетные значения максимальной X и минимальной Y температур эксплуатации дорожного покрытия (привязка к климатической зоне). PG (Performance Graded = классификация по эксплуатационным характеристикам), то есть по поведению вяжущего в покрытии. Привычные испытания характеристик вяжущих (пенетрация, температура хрупкости и температура размягчения) не позволяют корректно объяснить причины возникновения таких проблем эксплуатации дорог, как:

- колейность из-за пластичной необратимой деформации;
- трещинообразование (усталостное и низкотемпературное растрескивание, как следствие увеличения жесткости вяжущего). Не зная причины возникновения проблемы, нельзя принять меры к её предотвращению [13].

При переработке асфальта конструкция асфальтовой смеси играет решающую роль в достижении хороших эксплуатационных свойств асфальта с использованием асфальтового гранулята. На него влияют, в частности, свойства асфальтового гранулята (состав, однородность, степень старения вяжущего, извлечение и подготовка, условия хранения) и ре-

цептура нового асфальта, предназначенного для повторного использования (предполагаемое использование, желаемые добавки, технология системы смешивания и время смешивания, тип и процедура омоложения).

По этой причине реологическая процедура переработки асфальта продолжает развиваться в Институте дорожной техники Технического университета Брауншвейга. Цель снова заключается в разработке процедуры испытаний, которая может быть проведена с помощью DSR и которая функционирует таким же простым и значимым образом, как и BTSV. В настоящее время испытывается метод реологических испытаний, с помощью которого можно будет с достаточной надежностью регулировать свойства связующего в диапазоне рабочих температур около 15 °C. В результате новый метод испытания в сочетании с BTSV должен позволить определить диапазон оптимального количества добавок для конкретного материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Asphaltproduktion Deutschland // Deutscher Asphaltverband (DAV). 2018.
2. Effects of changing virgin binder grade and content on RAP mixture properties. NCAT Report No. 12-03 / J.R. Willis, P. Turner, G. Julian, A.J. Taylor, N. Tran, F. de Goes Padula / National Center for Asphalt Technology, Auburn University. Alabama, 2012.
3. *Seeberger M.* Forschungspalacet Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut - EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt / M. Seeberger, M. Hugener / Forschungsprojekt VSS 2005/452 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bundesamt für Strassen, Ittigen, Schweiz, 2014.
4. *Wistuba M.P.* Der Straßenbaustoff Asphalt / Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig. In Druck, 2019.
5. TI Asphalt-StB. Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, Ausgabe 2007/Fassung 2013. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. V. (FGSV), FGSV Verlag, Köln, 2007/2013;
6. *Alisov A.* Typisierung von Bitumen mittels instationärer Oszillationsrheometrie. Dissertation, Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 33, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig, 2017.
7. DIN 52050. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - BTSV-prüfung. Deutsches Institut für Normung e. v., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2018.
8. AL DSR-Prüfung (BTSV). Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scher-Rheometer (DSR) - Teil 4: Durchführung des BTSV (Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren), Ausgabe 2017. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), FGSV Verlag, Köln, 2017.

9. ГОСТ Р 58400.1-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации. М.: Стандартиформ, 2019. 10 с.
10. *Gossen J.* Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der optimalen Menge des Verjüngungsmittels im Asphaltmischgut. Masterarbeit, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig, 2018.
11. *Lütehe A.* Ermüdungseigenschaften von Asphalt unter Zugabe von verjüngtem Ausbauasphalt. Masterarbeit, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig, 2018.
12. *Kollmus F.* Einfluss der Zugabemenge eines Verjüngungsmittels auf die resultierenden Performance-Eigenschaften von Asphalt. Masterarbeit, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig, in Bearbeitung, 2019.
13. *Мотина Е.* Динамический сдвиговый реометр DSR для новых испытаний // Автомобильные дороги. 2014. С. 44-47.

## **О ВОПРОСАХ НЕСОВЕРШЕНСТВА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ РФ В ОБЛАСТИ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА**

**А.М. Тюрин, А.К. Полищук, Е.С. Буданова**

Научный руководитель – **Е.С. Буданова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются возможные вопросы несовершенства технологии холодной регенерации дорожных одежд в РФ, проблема отсутствия грамотных стандартов и рекомендаций по применению данного метода*

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, холодный ресайклинг, дорожные одежды, капитальный ремонт, повторное использование материалов*

## **ON THE ISSUES OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF COLD RECYCLING TECHNOLOGY TAKING INTO ACCOUNT SEASONAL HUMIDIFICATION**

**A.M. Tyurin, A.K. Polishchuk, E.S. Budanova**

Scientific Supervisor – **E.S. Budanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses possible issues of imperfection of the technology of cold recycling of road clothes in the Russian Federation, the problem of the lack of competent standards and recommendations for the use of this method.*

***Keywords:** automobile road, cold recycling, road clothes, major repairs, reuse of materials*

Автомобильные дороги, являясь коммуникационными каналами для населения, играют важнейшую роль в развитии как отдельных регионов, так и страны в целом. По данным Росстата, существующая протяжённость автомобильных дорог с твердым покрытием в Российской Федерации на 2020 год составляет 1 096 731,8 км, подавляющая часть из

которых имеет нежесткую дорожную одежду и асфальтобетонное покрытие.

В процессе непрерывной эксплуатации дорожные конструкции подвергаются воздействию динамических нагрузок от транспортных средств и различных природно-климатических факторов, что в конечном итоге приводит к их частичному или полному отказу, в виде образования трещин, просадок, колея, выкрашиваний и пр.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 нормативные межремонтные сроки по капитальному ремонту в РФ увеличились до 24 лет, а также повысились требования к исходной прочности и надежности дорожных одежд [1].

Устойчивость и долговечность дорожных одежд, представляющих собой слоистую структуру, напрямую зависит от грамотного учета на стадии проектирования максимально возможного числа негативных факторов и рационального подбора материалов с учетом их взаимной работы.

Срок службы введенных в эксплуатацию дорог исчисляется десятками лет. За это время может измениться интенсивность и состав транспортного потока с повышением значения расчетной нагрузки, не учтенной на этапе проектировании дорожной одежды. При этом на стадии ремонта дороги возникает необходимость не только ее восстановления, но и существенного усиления в соответствии с новыми требованиями.

Дорожно-строительные организации ежегодно выполняют большой объем работ по содержанию, ремонту и модернизации автомобильных дорог. В рамках транспортной стратегии Российской Федерации до 2035 года реализуются большие государственные программы, направленные на создание качественной транспортной инфраструктуры, что требует резкого увеличения объема дорожно-строительных работ [2].

В условиях появления новых технологий, все работы по восстановлению и модернизации дорожных одежд автомобильных дорог можно разделить на две принципиальных группы:

- традиционная технология;
- технология регенерации дорожных одежд.

При проведении работ по традиционной технологии задача восстановления и усиления дорожных конструкций решается довольно просто, если не брать в расчет необходимость разработки и дорогостоящей транспортировки новых дорожно-строительных материалов. Поскольку расходы на транспортировку весьма высоки, то в условиях вариантного проектирования одним из основных принципов является максимальное использование местных материалов, нередко с низкими прочностными показателями, требующими улучшения и стабилизации. Еще одной зада-

чей, требующей решения, является утилизация материалов от разборки существующих дорожных одежд, в т.ч. асфальтового гранулята.

Холодная регенерация дорожных одежд может быть хорошим решением, которое позволит повторно использовать старые дорожные материалы и сэкономить до 40% от общего объема инвестиций. Поэтому строительные и восстановительные технологии с сильным акцентом на переработку и повторное использование должны иметь приоритет перед всеми другими методами.

Еще одним преимуществом данной безотходной технологии является использование материалов от разборки без предварительного нагрева. Это приводит к меньшему потреблению энергии и выбросам CO<sub>2</sub>.

Технология холодного ресайклинга уже не первый десяток лет находит применение в производстве работ по восстановлению дорожных одежд, при этом данную технологию нельзя назвать совершенной, ввиду недостаточных сведений о рецептуре асфальтогранулобетонных смесей и принципах их проектирования.

Основные нормативы в области холодного ресайклинга в РФ носят рекомендательный характер:

1) СТО НОСТРОЙ 2.25.159-2014 «Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд» в основном несет сведения о технологии проведения работ по холодной регенерации, конкретные сведения по подбору АГБ смесей отсутствуют [3];

2) ПНСТ 306-2018 «Смеси органоминеральные холодные с использованием переработанного асфальтобетона (РАП)». В данном предварительном стандарте дана классификация органоминеральных смесей для слоев покрытий и оснований, представлены основные требования к ОМС по прочности и водонасыщению, изложена методика по их определению, также дана рекомендация по подбору марки битума с учетом дорожно-климатического районирования, конкретные схемы по подбору АГБ смесей также отсутствуют [4];

3) СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011 «Устройство оснований дорожных одежд. Часть 7 строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята». В зависимости от процента содержания асфальтового гранулята дает разделение смесей на асфальтогранулобетонные и гранулобетонные, представлена классификация АГБС в зависимости от вида вяжущего с кратким описанием плюсов и минусов каждого, даны рекомендации по ограничению применения цемента в качестве вяжущего во избежание усадочного растрескивания, по подбору состава АГБС ссылается на ОС-568-р 2002, также изложены требования к физико-механическим свойствам готовых АГБС и даны рекомендации по технологии производства работ [5];

4) ОДМ 218.6.1.005-2021 «Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации». Классифицирует АГБС на два вида по вяжущим, исключает применение цемента в качестве вяжущего, изложена технология по поредению работ по холодному ресайклингу, при проектировании АГБС рекомендует учитывать категорию автомобильной дороги и производить комплексный анализ образцов кернов, отобранных на стадии сбора исходных данных, вид вяжущего следует подбирать на основе имеющейся информации о существующей дорожной одежде и удобства производства работ [6];

5) ПНСТ 322-2019 «Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими» изложена классификация стабилизированных грунтов, требования к прочности и водостойкости [7];

6) СТО 03441578-0005-2016 «Смеси асфальтогранулобетонные и асфальтогранулобетон для автомобильных дорог» по основным требованиям и показателям ссылается на ОС-568-р 2002 [8].

Анализируя вышеизложенное, можно полагать, что на сегодняшний день отсутствует полная и достоверная информация по подбору составов АГБС, нет конкретных рекомендаций по выбору вида и количества вяжущего, которые бы учитывали нагрузки и природно-климатические условия. Нет обобщённости рекомендаций по идентичным условиям эксплуатации, кроме основных прочностных требований, которым должны удовлетворять готовые АГБС.

Недостаточность сведений об оптимальном составе АГБС и отсутствие четких нормативных требований является причиной того, что дорожно-строительные организации вынуждены самостоятельно корректировать проектное содержание вяжущего в смеси на каждом конкретном участке производства работ. Такой подход усложняет технологию и зачастую ведет к бесконтрольному перерасходу вяжущего. Кроме того, при использовании цемента в составе АГБС требуется временное ограничение движения автотранспорта, что на практике в условиях производства работ на действующих дорогах трудновыполнимо. При стабилизации грунтовых оснований во II ДКЗ нередко возникает необходимость в дополнительных мероприятиях по осушению грунта (цементом или известью) перед введением стабилизатора (например, Gistrong компании «GISTEX» Германия), что может приводить к образованию малоизученного «компаунда». В результате применение технологии регенерации не получило широкого распространения, например, в Ярославской области опыт ограничивается отдельными объектами.

При проектировании новых дорожных одежд большое внимание уделяется дорожно-климатическому районированию [7], поскольку наравне с динамическими нагрузками от транспортных средств, колоссаль-

ный разрушающий потенциал несет в себе вода и циклы перехода температур через 0 °С.

При разработке АГБС существующими рекомендациями учитывается лишь исходная влажность компонентов для определения необходимого количества воды, при этом абсолютно не берется в расчет последующая эксплуатация в районах, склонных к сезонному избыточному увлажнению.

По причине возросших требований к срокам службы дорожных конструкций [9], очевидной задачей в применении технологии холодного ресайклинга является подбор рецептов АГБС с рациональным видом и количеством вяжущего, обеспечивающим безотказность работы в нормативные сроки с учетом возможного избыточного увлажнения.

Учет избыточного увлажнения также является весьма актуальной задачей в условия изменения климата. В течение всего XXI в. отмечается устойчивая тенденция увеличения количества осадков в зимний период на всей территории РФ, а в летний период увеличение средних за сезон сумм осадков ожидается на большей части территории РФ, за исключением южных регионов [10].

Кроме того, следует отметить, что существенной проблемой подбора рецептов АГБС является наличие материалов разборки существующих дорожных одежд, которые могут кардинально различаться по своей структуре даже по длине одного участка дороги.

Все это приводит к необходимости структурирования исходных данных, выявления приоритетных и второстепенных факторов, оказывающих воздействие на изучаемые показатели, и отбор наиболее существенных, последующее их исследование и составление рационального алгоритма в виде матрицы рецептов АГБС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения».
2. Стенограмма доклада Евгения Дитриха на заседании Правительства Российской Федерации о проекте новой транспортной стратегии РФ до 2035 года. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/16/10521>.
3. СТО НОСТРОЙ 2.25.159-2014 Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд. НП «МОД «СОЮЗДОРОСТРОЙ», 2014. 57 с.
4. ПНСТ 306-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием переработанного асфальтобетона (РАП). Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 40 с.

5. СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011 Устройство оснований дорожных одежд. Часть 7. Строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята. СРО НП «МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ», 2012. 29 с.
6. ОДМ 218.6.1.005-2021 Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации. М.: ФДА Росавтодор, 2021. 25 с.
7. ПНСТ 322-2019 Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2019. 23 с.
8. СТО 03441578-0005-2016 Смеси асфальтогранулобетонные и асфальтогранулобетон для автомобильных дорог. Технические условия. Новосибирск: ОАО «Новосибирскавтодор», 2016. 21 с.
9. ПНСТ 542 Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. М.: Стандартиформ, 2021. 152 с.
10. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории российской федерации / Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ГГО), Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ИГКЭ). М., 2014.

## **ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ВЫСОКОПРОЧНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ**

**О.С. Чанова, О.К. Буркова, К.А. Куликова**

Научный руководитель – **К.А. Куликова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние высокопрочных углеродных волокон, вводимых в асфальтобетонную смесь, на качества получаемого асфальтобетона и его стойкость к трещинообразованию и увеличению межремонтных сроков дорожных покрытий.*

***Ключевые слова:** асфальтобетон, трещинообразование, долговечность, прочность, углеродное волокно*

## **DISPERSED REINFORCEMENT OF ASPHALT CONCRETE MIX WITH HIGH-STRENGTH CARBON FIBERS**

**O.S. Chanova, O.K. Burkova, K.A. Kulikova**

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The influence of high-strength carbon fibers introduced into the asphalt concrete mixture on the quality of the resulting asphalt concrete and its resistance to cracking and an increase in the repair time of road surfaces is considered.*

***Keywords:** asphalt concrete, cracking, durability, strength, carbon fiber*

В процессе эксплуатации автомобильных дорог, под действием статических и динамических нагрузок со стороны транспорта, погодноклиматических и грунтово-геологических факторов происходит постепенное снижение прочностных характеристик строительных материалов, приводящие к возникновению различных дефектов дорожных покрытий, ввиду подверженности асфальтобетонов трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию и т.д.

Одним из способов обеспечения устойчивости асфальтобетона к трещинообразованию и повышение его сопротивляемости к сдвиговым

нагрузкам с повышением усталостной долговечности является применение дисперсно-армированных асфальтобетонов.

На данный момент в России дисперсное армирование асфальтобетонных смесей не имеет широкого применения по ряду причин:

- 1) слабое развитие государственных стандартов в данной области;
- 2) существующие нормативные документы носят рекомендательный характер;
- 3) нормативные документы охватывают узкий перечень материалов, пригодных для дисперсного армирования асфальтобетонов.

Известно множество материалов, применяемых в качестве дисперсного армирования: полиакрилонитрильная фибра, базальтовая фибра, металлизированные углеродные волокна, арамидные волокна и т.д. [1].

На базе лаборатории ЯГТУ были проведены исследования дисперсно-армированных асфальтобетонов с целью повышения усталостной долговечности дорожных покрытий.

В качестве материала для дисперсного армирования асфальтобетона была использована однонаправленная углеродная лента для усиления строительных конструкций плотностью 530 гр/м<sup>2</sup> и шириной 150 мм изготавливаемая по ТУ-1916-041-38276489-2017 - CarbonWrap Tape 530/150 [2].

Для проведения испытаний был выбран асфальтобетон типа А марки П плотный, мелкозернистый по ГОСТ 9128-2013 [3], включающий 0,1 и 0,15% углеродного волокна длиной 6 мм. Приготовление смесей в лаборатории, изготовление образцов и последующие испытания производились в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 [4].

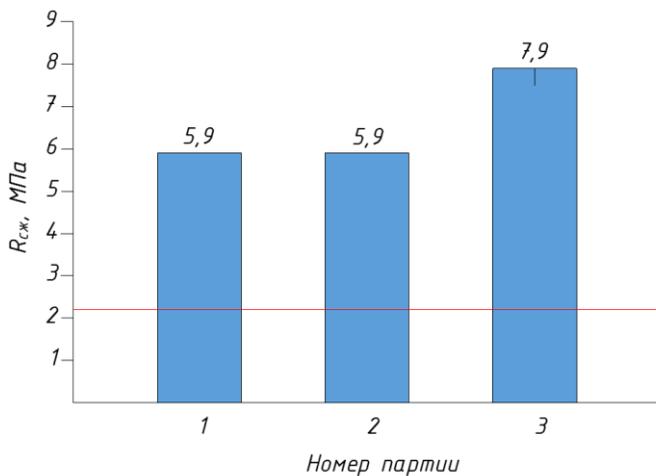
Образцы были распределены на группы по процентному содержанию углеродных волокон в смеси:

- группа 1 – содержание углеродного волокна 0% (контрольная),
- группа 2 – содержание углеродного волокна 0,1%,
- группа 3 – содержание углеродного волокна 0,15%.

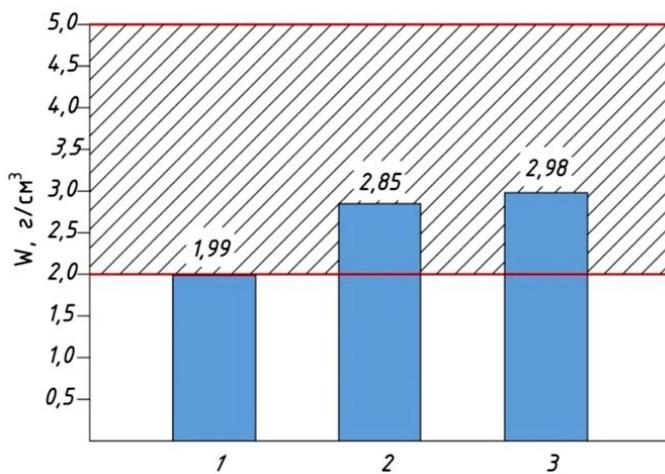
По каждой группе образцов были определены средняя плотность уплотненного материала, водонасыщение, предел прочности при сжатии, водостойкость асфальтобетона. Результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1-3.

**Таблица 1. Результаты эксперимента**

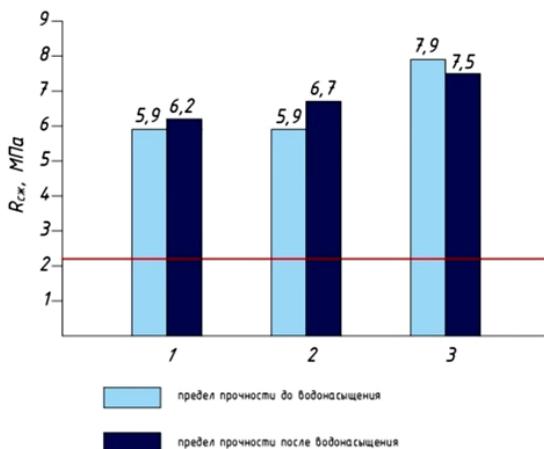
Наименование показателя	Номер группы по составу асфальтобетона		
	1	2	3
Средняя плотность уплотненного материала, г/см <sup>3</sup>	2,70	2,67	2,66
Предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С, МПа	5,9	5,9	7,9
Водонасыщение, %	1,99	2,85	2,98
Водостойкость	1,05	1,14	0,95



**Рис. 1. Предел прочности при сжатии**



**Рис. 2. Водонасыщение образцов**



**Рис. 3. Предел прочности обычных и водонасыщенных асфальтобетонных образцов**

На основе полученных экспериментальных данных были сделаны следующие выводы:

- 1) Все образцы отвечают требованиям ГОСТ 9128-2013 (табл. 4).
- 2) Армирование асфальтобетона высокопрочными углеродными волокнами положительно влияет на прочностные характеристики материала (увеличение предела прочности при сжатии до 25,3%) и имеет пропорциональную зависимость.
- 3) С увеличением введения модификатора происходит незначительное снижение плотности асфальтобетона (от 1,1 до 1,5%), влияющей на пористость и водостойкость материала.
- 4) В результате снижения плотности и увеличения количества пор армированные асфальтобетонные образцы имеют более высокое водонасыщение по сравнению с контрольной партией (увеличение водонасыщения до 33%).
- 5) Армированные образцы имеют нормативную водостойкость, но имеют неоднородную зависимость полученных данных. Для наиболее достоверных и точных результатов необходимы дополнительные испытания.
- 6) При добавлении в конгломерат модификатора снижается сцепление битума с поверхностью каменного заполнителя, негативно влияя на адгезию компонентов смеси, о чем свидетельствует повышенное водонасыщение испытанных образцов.
- 7) В связи с повышенным водонасыщением и низкой водостойко-

стью армированные асфальтобетоны можно применять для повышения устойчивости к колееобразованию в нижних слоях покрытия, перекрывая их более водостойкими верхним слоем и слоем износа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пшеничных О.А.* Опыт применения дисперсно-армированных асфальтобетонов в дорожном строительстве / О.А. Пшеничных, Д.С. Скорик. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43152555\\_59504067.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43152555_59504067.pdf) (дата обращения 26.12.2021)
2. Углеродная лента CarbonWrap® Tape 530/150 / ООО «Нанотехнологический центр композитов». URL: <https://carbonwrap.ru/catalog/27-uglerodnaya-lenta-carbonwrap-tape-530-150.html> (дата обращения 26.12.2021)
3. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 50 с.
4. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. 63 с.

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА СИЛИКАТНОЙ КРАСКИ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

**В.А. Шуваев, А.В. Калинин**

Научный руководитель – **А.В. Калинин**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается вопрос разработки силикатной краски для разметки автомобильных дорог.*

**Ключевые слова:** силикатная краска, разметка автомобильных дорог, натриевое жидкое стекло

## DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF SILICATE PAINT FOR THE MARKING OF AUTOMOBILE ROADS

**V.A. Shuvaev, A.V. Kalinin**

Scientific Supervisor – **A.V. Kalinin**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the possibility of development of silicate paint for the marking of automobile roads.*

**Keywords:** silicate paint, the marking of automobile roads, sodium liquid glass

Современные нормативные документы Российской Федерации предусматривают для разметки дорожных покрытий применение красок (эмалей), термопластиков и холодных пластиков [1]. Эти материалы дороги, при этом разметка довольно недолговечна и зачастую требуется ее ежегодное повторное нанесение.

На сегодняшний день все выпускающиеся промышленностью силикатные краски предназначены для наружных и внутренних работ (окрашивание бетонных и оштукатуренных поверхностей) в зданиях и сооружениях промышленного и гражданского строительства. Применение их для разметки автомобильных дорог не предусмотрено нормативными документами, что связано в первую очередь с определенными особенностями силикатных красок. Поскольку абсолютное большинство автомо-

бильных дорог в России имеет асфальтобетонное покрытие, а силикатные краски показывают свои лучшие свойства при нанесении на бетонные поверхности, применение их для массовой разметки дорог в текущий момент не представляется возможным. Однако вопрос разработки силикатной краски для разметки дорог с цементобетонным покрытием, которое, в связи с растущими транспортными нагрузками и дефицитом каменных материалов, в будущем вероятно будет применяться более широко, актуален.

Еще в 1986 году в СССР были выпущены «Методические рекомендации по приготовлению и применению силикатных красок для разметки автомобильных дорог» [2]. Авторами документа была разработана краска в виде суспензии сухой составляющей (минеральный наполнитель - песок кварцевый или гранит белый, пигменты - окись титана, борат кальция) в калийном жидком стекле. Данная краска является двухупаковочной – смешение жидкого стекла и сухой пигментной части должно производиться непосредственно на строительной площадке. Подчеркивается дешевизна краски по сравнению с эмалью, значительный экономический эффект от ее применения и экологичность. К недостаткам данного состава можно отнести неудобство использования потребителем, небольшую жизнестойкость полученной смеси (8 часов), а также применение в качестве связующего калиевого жидкого стекла, менее распространенного и более дорогого по сравнению с натриевым жидким стеклом.

К настоящему времени разработаны составы одноупаковочных силикатных красок. В патентах 2294946 С1 и 2294947 С1 раскрываются составы одноупаковочных силикатных красок на основе натриевого жидкого стекла, модифицированного мочевиной. В данной работе опробованы три варианта составов, базирующихся на запатентованных прототипах, с целью определения характеристик силикатных красок и возможности их применения для разметки автомобильных дорог. Компонентный состав исследуемых красок приведен в таблице 1.

**Таблица 1. Составы силикатных красок**

Наименование компонентов	№ варианта состава		
	1	2	3
Модифицированное натриевое жидкое стекло, г	36,6	36,6	36,6
Вода дистиллированная, г	14,8	14,8	2,8
Сухая пигментная часть, г, в т.ч.	36,6	36,6	36,6
- мел порошок, г	25,6	25,6	25,6
- тальк порошок, г	5,5	5,5	5,5
- цинковые белила порошковые, г	5,5	-	5,5
- титановые белила порошковые, г	-	5,5	-
Латекс бутадиен-стирольный, г	12	12	24
Всего, г	100	100	100

При добавлении латекса в ходе изготовления состава №3 сухая пигментная часть образовала комок, который отделился от жидкой фазы. При последующем перемешивании состав получился неоднородным, с крупными комками, непригодный для нанесения, вследствие чего испытаниям не подвергался.

Для приведенных составов были проведены испытания по четырем характеристикам:

1. Укрывистость – способность материала делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности (ГОСТ 8784-75). Укрывистость показывает, сколько сухой пленки испытуемого материала необходимо, чтобы укрыть один квадратный метр не впитывающей, контрастной поверхности.

2. Смываемость (прочность при смывании) – отражает количество покрытия, смытого с поверхности заданным количеством воды при трении щеткой.

3. Адгезия – определяет качество сцепления лакокрасочной плёнки с поверхностью.

4. Водоустойчивость – способность покрытия максимально противостоять разрушающему действию воды при длительной эксплуатации окрашенных поверхностей.

Для каждого варианта состава проводилось одно испытание. Полученные результаты приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Физико-химические свойства силикатных красок**

Характеристика	№ варианта	
	1	2
Укрывистость, г/м <sup>2</sup>	638	321
Смываемость, г/м <sup>2</sup> (%)	14,8	21,3
Адгезия, балл	1 балл	1 балл
Водоустойчивость	мелит сильно	мелит сильно

ГОСТ 18958-73 не предъявляет требований к эксплуатационным характеристикам силикатных красок. Исходя из требований нормативных документов к водно-дисперсионным фасадным краскам, рекомендуемая укрывистость для них – 150–200 г/м<sup>2</sup>, смываемость – 2–4 г/м<sup>2</sup>, адгезия – 1 балл (покрытие не отслаивается). Изученные аналоги силикатных красок, рекомендованные для окрашивания фасадов, схожие по составу, имеют следующие характеристики: укрывистость – 200–250 г/м<sup>2</sup>, водоустойчивость к статическому действию воды – без изменений, адгезия – 1 балл.

Полученные составы обладают хорошими показателями адгезии за счет взаимодействия с окрашиваемой поверхностью. Показатели укрыви-

стости – неудовлетворительные, расход краски больше, чем для известных аналогов, что является неблагоприятным фактором с экономической точки зрения. Показатели смываемости также неудовлетворительные, водостойчивость слабая. Таким образом, предлагаемые составы не рекомендуются для нанесения в качестве дорожной разметки в связи с низкими эксплуатационными качествами.

При этом следует отметить, что в марте 2021 года составы были нанесены на бетонную конструкцию в атмосферных условиях. Наблюдение за выкрасами спустя год показало, что краски не смылись и не утратили своих свойств (рис. 1). Предмет исследования требует дальнейших изысканий в экспериментально-практическом направлении.



**Рис. 1. Выкрасы силикатных красок в атмосферных условиях**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32830-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2015.
2. Методические рекомендации по приготовлению и применению силикатных красок для разметки автомобильных дорог. М.: Союздорнии, 1986.
3. ГОСТ 18958-73. Краски силикатные. М.: Гос. комитет Совета Министров СССР по делам строительства, 1973.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А.А. Игнатьев, Н.С. Бурдаева**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается температура и время гранулирования, размер полученных гранул и температура их сушки.*

**Ключевые слова:** гранулирование, температура гранулирования, размер гранул, время гранулирования

## INVESTIGATION OF THE GRANULATION PROCESS OF FINE MATERIALS

**A.A. Ignatyev, N.S. Burdaeva**

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

Yaroslavl State Technical University

*The granulation temperature and time, the size of the obtained granules and their drying temperature are considered.*

**Keywords:** granulation, granulation temperature, granule size, granulation time

Гранулирование – это совокупность физических и физико-химических процессов, обеспечивающих формирование частиц определенного спектра размеров, формы, необходимой структуры и физических свойств [1].

Процесс гранулирование широко применяется в сельском хозяйстве, химической, пищевой, фармацевтической, металлургической и других отраслях промышленности.

Основные показатели эффективности гранулирования – это выход товарной фракции, качество получаемых гранул (форма, прочность, насыпная масса), однородность гранулометрического состава.

В данной работе рассматриваются характеристики процесса гранулирования с целью их дальнейшего применения для изготовления гранулированной асфальтобетонной смеси.

М.М. Мурадов, Дж.М. Мустафаев, В.М. Самедли и М.М. Самедов в своей работе [2] разработали режим гранулирования суперфосфата. Размер гранул в значительном количестве был от 1 до 4 мм. Полученные при окатывании гранулы просушивались в термостате при температуре 90-95 °С в течение 1-1,5 ч. Далее изучалось распределение гранул по размерам в зависимости от влажности и других параметров гранулирования (табл. 1).

**Таблица 1. Распределение гранул по размерам в зависимости от влажности исходного порошкообразного суперфосфата**

Размер гранул, мм	Процентное содержание каждой фракции в зависимости от влажности, %			
	w = 15%	w = 17%	w = 21%	w = 25%
До 1,0	42,5	22,5	12,5	7,5
1,0–2,0	41,0	15,0	14,5	9,5
2,0–3,0	16,5	23,0	16,0	12,5
3,0–4,0	-	20,5	17,0	18,5
4,0–5,0	-	11,0	17,5	23,5
Размер гранул, мм	Процентное содержание каждой фракции в зависимости от влажности, %			
	w = 15%		w = 15%	
5,0–6,0	-	8,0	22,5	28,5

Как следует из таблицы, с увеличением влажности исходной шихты увеличивается количество фракций с крупными размерами гранул. С уменьшением влажности увеличивается количество фракций с мелкими размерами гранул.

В работе А.А. Яковлевой, Н.И. Якушевой, О.А. Федотовой, А.Г. Старостина «Исследование процесса гранулирования струвита методом окатывания» [3] при исследовании влияния температуры на процесс гранулирования струвита выявлено, что при температуре 50 °С выход гранул товарной фракции максимален.

На основе данной работы можно сделать вывод о возможности приготовления гранул при температуре 50 °С.

В работе «Исследование процесса гранулирования тетрафторида урана» [4] А.Л. Смирнова, С.Ю. Скрипченко, В.Н. Рычкова, М.Г. Штуца, Е.С. Копарулиной, А.М. Пастухова обнаружено, что в процессе сушки гранул при температуре свыше 110 °С и длительном времени происходит

их разрушение, а также наблюдаются процессы гидролиза тетрафторида урана и окисления урана воздухом. Также выявлено, что средний размер гранул формируется в течение первых 120–150 с и максимальный выход гранул +1-2 мм получен при угле наклона тарели гранулятора 45–50° и скорости вращения 27–30 об/мин.

Из данной статьи можно выделить время формирования гранул, угол наклона тарели гранулятора и скорость его вращения.

В статье Д.А. Гусельникова, И.В. Надеевой, А.К. Акчурина, В.В. Гужева [5] сказано, что набор прочности гранулированных образцов, состоящей из песка, фенольной смолы и воды в соотношении 4:1:1,3 объемных единиц, осуществлялся в естественных условиях (25 °С, на воздухе). Но также возможна сушка при температуре не более 30-50 °С, при достаточной конвекции воздуха, для ускорения процесса набора прочности (размер гранул 2–30 мм).

Для данной статьи характерен вывод, что температура сушки гранул составляет 30-50 °С.

В работе О.А. Чудиновой, М.В. Сыромятниковой, В.З. Пойлова, Э.Г. Сидельниковой, П.В. Серого [41] был получен усредненный гранулометрический состав золошлаковых отходов (табл. 2).

**Таблица 2. Усредненный гранулометрический состав золы**

Размер фракции, мм	05-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,04	<0,04	Средний размер частиц, мм
Содержание фракции, %	2,0	10,0	15,0	25,0	50,0	0,073

Гранулирование производилось при температуре 90 °С, продолжительность гранулирования составляла 180 с. Эти параметры были установлены экспериментально при гранулировании других тонкодисперсных материалов.

Рассмотрев данные работы, можно сделать вывод, что размер гранул достигает в среднем 1–6 мм, температура гранулирования равна 50–95 °С, продолжительность гранулирования составила 150-180 с, а температура сушки гранул равна 30–50 °С. Учитывая, что температура плавления битума составляет 120 °С, температуру приготовления гранулированной асфальтобетонной смеси необходимо брать выше выявленных значений (~150 °С).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гранулирование. URL: <https://msd.com.ua/granulirovanie/granulirovanie-2/>.
2. Исследование процесса получения гранулированного суперфосфата с применением промышленных отходов, содержащих микроэлементы / М.М. Мурадов, Дж.М. Мустафаев, В.М. Самедли, М.М. Самедов / Сумгайтский государственный университет, Институт катализа и неорганической химии им. М. Нагиева НАН Азербайджана, 2019.
3. Исследование процесса гранулирования струвита методом окатывания / А.А. Яковлева, Н.И. Якушева, О.А. Федотова, А.Г. Старостин / Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Пермь, 2020.
4. Исследование процесса гранулирования тетрафторида урана / А.Л. Смирнова, С.Ю. Скрипченко, В.Н. Рычкова, М.Г. Штуца, Е.С. Копарулиной, А.М. Пастухова / Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2012.
5. Повышение эксплуатационных показателей изделий из бетонов, функционирующих в условиях интенсивных механических, температурно-влажностных воздействий и агрессивных сред / Д.А. Гусельников, В.М. Шумячер // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 25(44). С. 192-196.

УДК 625.855.32

## **ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛЕЙ**

**А.А. Игнатьев, Н.С. Бурдаева**

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

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается введение различных солей в состав асфальтобетонной смеси и дальнейшее изучение характеристик асфальтобетона*

***Ключевые слова:** противогололедный асфальтобетон, антигололедное покрытие, противогололедные добавки, минеральный порошок*

## **ANTI-ICING ASPHALT CONCRETE MIXTURES WITH THE USE OF SALTS**

**A.A. Ignatyev, N.S. Burdaeva**

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

Yaroslavl State Technical University

*The introduction of various salts into the composition of the asphalt concrete mixture and further study of the characteristics of asphalt concrete are considered*

***Keywords:** anti-icing asphalt concrete, anti-icing coating, anti-icing additives, mineral powder*

В настоящее время существует большая проблема утилизации отходов промышленности. В данной работе рассматривается возможность применения отходов в виде солевых осадков в составе асфальтобетонных смесей.

Есть несколько способов борьбы с зимней скользкостью: механический, тепловой, в виде россыпи фрикционных материалов, смеси твердых хлоридов с фрикционными материалами, повышающими коэффициент сцепления, а также плавления с помощью твердых и жидких химических реагентов.

Данные методы борьбы со скользкостью основаны на нанесении противогололедных материалов сверху на покрытие. Далее рассмотрим работы, в которых противоморозные материалы используют в составе асфальтобетонной смеси.

Так, например, в работе «Стойкость щебеночно-мастичных асфальтобетонов с противоморозными добавками в агрессивной среде» [1] А.В. Исаева, М.Г. Салихова выявлено, что добавлением в щебеночно-мастичные асфальтобетоны до 5% от массы минеральной части хлористых солей обеспечиваются сравнительно низкие значения адгезии льда к их поверхности после длительного выдерживания в воде по сравнению с образцами без добавок. Также был сделан вывод, что при совместном использовании солей NaCl и CaCl<sub>2</sub> их соотношение лучше принять (в % по массе): 87,5:12,5.

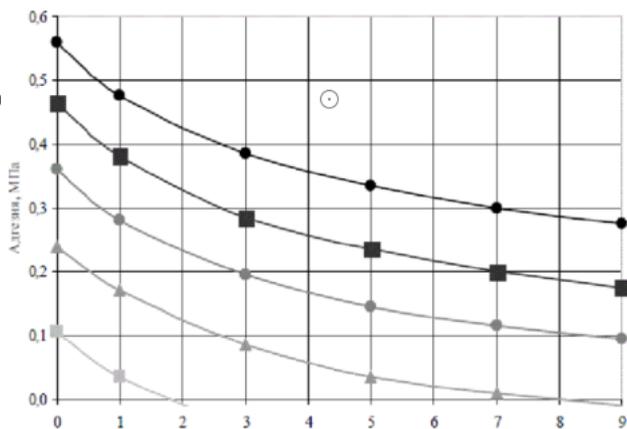
В автореферате Е.В. Веюкова «Технологии строительства и очистки ото льда лесовозных дорог с антигололедным покрытием» [2] доказано, что введение противоморозных добавок до 5-7% от массы дробленого песка в состав ЩМА не приводит к значительному ухудшению его физико-механических свойств.

В статье «Влияние противогололедной добавки на прочность асфальтобетона при сжатии при +20 °С» [3] Н.С. Ковалева, В.И. Ромасева было выявлено, что оптимальное содержание хлорида, вводимого с минеральным порошком, должно находиться в пределах 4–6% от массы асфальтобетонной смеси. Дальнейшее увеличение содержания хлорида в асфальтобетоне приводит также к снижению предела прочности при сжатии при температуре + 20 °С.

В связи с этим был разработан оптимальный состав для устройства верхнего слоя покрытия автомобильных дорог с шероховатой поверхностью: необходимо применять минеральный порошок с содержанием хлорида 55–65%, содержание хлорида в асфальтобетонной смеси должно находиться в пределах 4–6%, а содержание битума – в пределах 4,5-5,5%.

В работе «Новые способы использования химических реагентов в асфальтобетонных смесях с антигололедными свойствами» [4] было выяснено, что введение в ЩМА противоморозной добавки NaCl в количестве 5% уменьшает адгезию льда при -10 °С в 2,5 раза. Внесение в состав противоморозной добавки 12,5% хлористого кальция (от массы всей соли) позволяет снизить величину адгезии на 17% и довести температуру смерзания раствора на поверхности покрытия до -10 °С.

В результате был составлен график зависимости адгезии льда к поверхности ЩМА от количества NaCl (рис. 1).



**Рис. 1. График зависимости адгезии льда к поверхности ЦМА от количества NaCl [4]**

В работе «Асфальтобетонные покрытия с модифицированным противогололедным минеральным порошком» [5] были разработаны оптимальные составы для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог с шероховатой поверхностью: минеральный порошок с содержанием хлорида 55–65%, содержание хлорида в асфальтобетонной смеси должно быть в пределах 4–6%, а содержание битума – 4,5-5,5%.

При таких соотношениях компонентов адгезия льда к поверхности асфальтобетона изменяется в пределах от 0,1 до 0,45 МПа. Таким образом, введение противогололедной добавки в асфальтобетонную смесь позволяет уменьшить адгезию льда к поверхности асфальтобетона в 10-12 раз.

В работе «A Study on Evaluation and Application of Snowmelt Performance of Anti-Icing Asphalt Pavement» [6] Mulian Zheng, Shujuan Wu, Chongtao Wang, Yifeng Li, Zonghui Ma и Lei Peng была представлена количественная оценка эффективности таяния снега антигололедной асфальтобетонной смеси и даны рекомендации по ее применению. Была создана и экспериментально проверена регрессионная модель качества снеготаяния для различных значений интенсивности снегопада, температуры и состава противогололедного наполнителя.

Из данной работы можно сделать вывод, что температура нанесения антигололедной асфальтобетонной смеси должна превышать  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  для умеренного или легкого снегопада и превышать  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  для большого снегопада или снежной бури. Линейная зависимость качества снеготаяния антигололедной асфальтобетонной смеси от времени наблюдалась

для всех испытанных значений интенсивности снегопада и температуры. При одинаковой интенсивности снегопада наблюдалось увеличение скорости таяния в 2-3 раза при увеличении температуры. При одной и той же температуре наблюдалось лишь небольшое изменение скорости таяния при разной интенсивности снегопада.

При изучении противогололедного асфальтобетона в отечественных работах авторы выяснили, что основными добавками служат хлористые соли ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  и др.). Ими был рассмотрен состав асфальтобетонной смеси с добавлением противогололедных материалов в количестве примерно равном 4,0-6,0% , а также изучены параметры получаемых образцов асфальтобетона (прочность, водостойкость и водонасыщение). Также изучены адгезионные свойства получаемых асфальтобетонных покрытий.

Зарубежные авторы сделали вывод, что температура нанесения противогололедной асфальтобетонной смеси должна превышать  $-10^\circ \text{C}$  для умеренного или легкого снегопада и превышать  $0^\circ \text{C}$  для большого снегопада или снежной бури. Также наблюдалось увеличение скорости таяния в 2-3 раза при увеличении температуры.

Изучив данные работы, можно сделать вывод о возможности применения солевых осадков в асфальтобетонных смесях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаев А.В.* Стойкость щебеночно-мастичных асфальтобетонов с противоморозными добавками в агрессивной среде / А.В. Исаев, М.А. Салихов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия Лес. Экология. Природопользование. 2010.
2. *Веоков Е.В.* Технологии строительства и очистки ото льда лесовозных дорог с антигололедным покрытием. Автореферат. Йошкар-Ола, 2013.
3. *Ковалев Н.С.* Влияние противогололедной добавки на прочность асфальтобетона при сжатии при  $+20^\circ \text{C}$  / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев; Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, ООО «Виаж», 2017.
4. Новые способы использования химических реагентов в асфальтобетонных смесях с антигололедными свойствами. URL: [https://bstudy.net/894413/tehnika/novye\\_sposoby\\_ispolzovaniya\\_himicheskikh\\_reagen\\_asfaltobetonyh\\_smesyah\\_antigololedny\\_mi\\_svoystvami](https://bstudy.net/894413/tehnika/novye_sposoby_ispolzovaniya_himicheskikh_reagen_asfaltobetonyh_smesyah_antigololedny_mi_svoystvami).
5. *Ковалев Н.С.* Асфальтобетонные покрытия с модифицированным противогололедным минеральным порошком / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2016. С. 70-79.
6. A Study on Evaluation and Application of Snowmelt Performance of Anti-Icing Asphalt Pavement / Mulian Zheng, Shujuan Wu, Chongtao Wang, Yifeng Li, Zonghui Ma и Lei Peng. URL: [https://www.researchgate.net/publication/317376555\\_A\\_Study\\_on\\_Evaluation\\_and\\_Application\\_of\\_Snowmelt\\_Performance\\_of\\_AntiIcing\\_Ashphalt\\_Pavement](https://www.researchgate.net/publication/317376555_A_Study_on_Evaluation_and_Application_of_Snowmelt_Performance_of_AntiIcing_Ashphalt_Pavement).

УДК 67.08

## **УСТАНОВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

**Н.Е. Кичигин, А.А. Игнатьев**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются перспективные варианты использования новой технологии изготовления асфальтобетонной смеси в строительной отрасли.*

***Ключевые слова:** Асфальтобетон, асфальтобетонный гранулят, отходы, вторичная переработка*

## **INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF GRANULATED ASPHALT CONCRETE MIXTURE BASED ON DISPERSED INDUSTRIAL WASTE**

**N.E. Kichigin, A.A. Ignatyev**

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

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses promising options for using a new technology for the manufacture of asphalt concrete mix in the construction industry.*

***Keywords:** asphalt, asphalt granulate, waste, recycling*

Асфальтобетонные покрытия являются основным видом дорожных покрытий, как за рубежом, так и в нашей стране. Их протяженность составляет более 330 тыс.км., и ежегодно продолжает увеличиваться, что в свою очередь ведет к наращиванию объемов потребления энергетических ресурсов и строительных материалов при проведении ремонтных работ. Увеличение транспортной нагрузки при низкой прочности конструкций дорожных одежд приводит к сокращению межремонтных сроков службы дорожных покрытий.

Большая часть финансирования в дорожном хозяйстве (до 80%) расходуется на проведение ремонтных работ. Это связано с низкими меж-

ремонтными сроками службы покрытий из-за роста интенсивности движения и недофинансирования ремонтных мероприятий в полном объеме.

Основным материалом для ремонта покрытий являются асфальтобетонные смеси, стоимость которых ежегодно увеличивается из-за повышения стоимости энергоресурсов, материалов и транспорта.

В настоящее время с целью повышения экологичности и экономичности производства во всех сферах хозяйства все активнее развиваются технологии переработки и повторного применения ранее использованных материалов. Для дорожного хозяйства особое значение имеет переработка и повторное применение материалов связанных слоев дорожной одежды ввиду их наибольшей ценовой нагрузки на общую сметную стоимость дорожных работ, а также образования огромного количества гранулята, образующегося при демонтаже.

Асфальтовый гранулят является недооцененным материалом. Материал имеет большой потенциал для развития его применения в России, так как он имеет низкую себестоимость, содержит в себе все составляющие асфальтобетонной смеси, а также снижает негативное влияние на окружающую среду и экологию [1].

В рамках масштабной научной работы, проводимой в Ярославском государственном техническом университете, разработан способ вторичной переработки асфальтовой крошки в гранулированную асфальтобетонную смесь. Способ подразумевает дробление и придание фрезерованному материалу определённого фракционного состава, с последующим гранулированием окатыванием во вращающемся разогретом до 120...140 °С барабан-грануляторе, с вводом дополнительной порции минерального порошка в объёме до 15% от массы смеси, битума до 2% от массы смеси и пластификатора – отработанного машинного масла объёмом до 15...25% от массы смеси [2].

Ключевым преимуществом данной разработки является, что гранулированная асфальтобетонная смесь на основе крошки обладает возможностью уплотнения в холодном и горячем состоянии и обладает эксплуатационными характеристиками, значительно превосходящими критерии ГОСТ для «новых» асфальтобетонных смесей.

Помимо этого, в данном подходе прослеживается принцип совокупного применения нескольких видов отходов. Что приводит показатель содержания вторсырья и отходов различного назначения до 83% от массы смеси.

Для апробации результатов в широком диапазоне необходимо рассмотреть создание пилотной установки. Для ее проектирования и изготовления необходимо оценить экономическую составляющую. К затратам относятся: стоимость оборудования, материал, заработная плата, коммунальные платежи, реклама (рис. 1). Таким образом, себестоимость конечного продукта в три раза меньше, чем цена продажи.

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИЙ			
Первоначальные инвестиции (статьи расходов)		Постоянные затраты	
<b>Маркетинг</b>		<b>265 000,0</b>	
Разработка сайта	45 000,0	1. ФОТ администрация	190 650,0
Реклама сайт 76.ru	25 000,0	2. Аренда складского помещения	10 000,0
Сайт Новости	100 000,0	3. Канцелярия, расходы офиса	3 000,0
Участие в Ягградфоруме	50 000,0	4. Реклама	100 000,0
Продвижение сайта в Яндекс поисковой системе	45 000,0	5. Обслуживание оборудование	100 000,0
		6. Расходные материалы (на оборудование)	20 000,0
<b>Помещение, оборудование</b>	<b>11 988 675,0</b>	<b>Итого</b>	<b>423 650,0</b>

Ежемесячные коммунальные платежи		Закупка товара	
Оборудование для производства гранулированной асфальтобетонной смеси, всего:	10 294 500,0	Установка производительностью 1т/ч, кол-во рабочих дней 247	7 166 952,0
Гранулятор тарельчатый Т-150м	2150000	Щебень фракции 5-10 мм, габбро-диабаз, (1 700руб. на тонну)	3 359 200,0
Центрифугальная мельница-сушилка	1 950 000	Фосфогипс (120 руб. на тонну)	237 120,0
Силос хранения сыпучих материалов	190 000	Битум нефтяной дорожный (900 руб. на тонну)	1 778 400,0
Бункерные весы «Нива»-6	120 000	Вторичный полиэтилентерефталат (600 руб. на тонну)	1 185 600,0
Бункар хранения инертных материалов БЛ-ПП	500 000	Сжиженный газ (225 руб. на тонну)	444 600,0
Весовой бункер-дозатор инертных материалов	120 000	Электричество (82 руб. на тонну)	162 032,0
Конвейер ЛК-С-ЖШ-500-6000-219-НФ- NMRV075-1,5кВт	170 000	<b>ФОТ</b>	<b>782 600,0</b>
Конвейер ЛК-С-ЖФ-500-10000-219-НФ- NMRV075-1,5кВт	220 000	Зарплата плата, рабоче - 12 чел	600 000,0
Навес крытый, прочие опорные и несущие элементы	100 000	Начисления на заработную плату (27,1%)	162 600,0
Вентилятор Элюком В01 06-300 (10 шт.)	100 000	Оклад в месяц на одного рабочего	50 000,0
Станция затаривания контейнеров типа «Биг-Бэг» С3-500 серии «СтройПак»	279 000		

Рис. 1. Затраты на производство гранулированной асфальтобетонной смеси

Именно поэтому был разработан концепт установки по производству гранулированной асфальтобетонной смеси и составлена бизнес модель. Сроки окупаемости приведены на рис. 2.

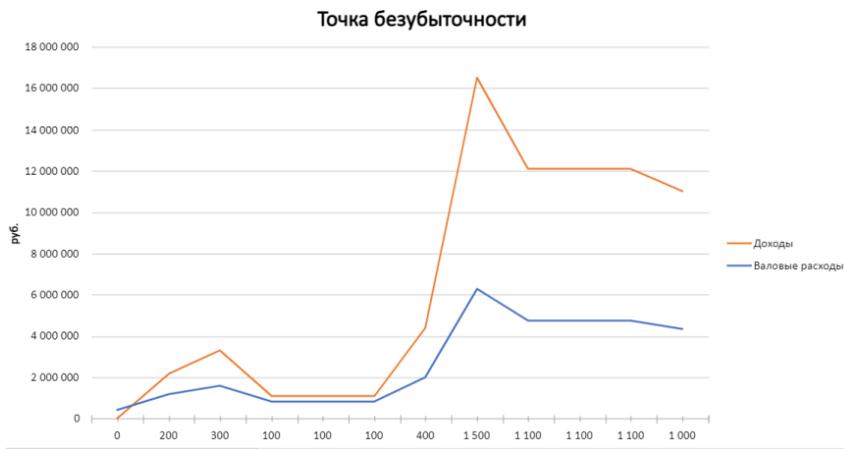


Рис. 2. График окупаемости

Разработка технологий вторичной переработки промышленных отходов с целью производства асфальтобетонных смесей весьма актуальная задача. Несмотря на представления о неисчерпаемости недр планеты, это мышление ложно. Поэтому необходимо максимально всецело использовать полезные качества любого сырья, не различая что это – нефть, золото или древесина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладышев Н.В.* Совершенствование технологии приготовления и укладки асфальтобетонных смесей с добавлением гранулята старого асфальтобетона: дис. ... канд. техн. наук, 05.23.11. М., 2015.
2. Патент РФ № 2 623 748 Способ получения асфальтобетонной смеси на основе асфальтовой крошки / В.М. Готовцев. Заявл. 2016.03.11.
3. Регдорстрой. Сайт компании по изготовлению асфальтобетонной одежды. URL: <https://www.regdorstroy.kiev.ua>.

## **АНАЛИЗ МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ О СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**В.А. Шилов, А.А. Игнатьев, Т.В. Погодина**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье выполнен аналитический обзор мнений большинства пользователей в Российской Федерации относительно существующей велотранспортной инфраструктуры и велодорожек. Сделан вывод о высокой степени важности учета общественного мнения при проектировании велодорожек.*

***Ключевые слова:** велодорожка, велоинфраструктура, велошеринг, анализ мнений пользователей*

## **ANALYSIS OF USERS' OPINIONS ABOUT THE EXISTING BICYCLE INFRASTRUCTURE IN THE RUSSIAN FEDERATION**

**V.A. Shilov, A.A. Ignatyev, T.V. Pogodina**

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

Yaroslavl State Technical University

*The article provides an analytical review of the opinions of the majority of users in the Russian Federation regarding the existing bicycle transport infrastructure and bike paths. The conclusion is made about the high degree of importance of taking into account public opinion when designing bicycle path..*

***Keywords:** bike path, bike infrastructure, bike sharing analysis of user opinions*

Для составления объективных рекомендаций по внедрению и размещению сети велосипедных дорожек и системы велошеринга необходимо учитывать мнения большинства людей, использующих велосипед. Отзывы населения являются фундаментальным фактором при проектиро-

вании и строительстве новой общественно-полезной инфраструктуры [1, 2].

Наблюдатель 1:

«Обошли в течение двух часов весь центр в надежде найти велики. На карте есть, но, судя по всему, все в подъездах. Обнаружили один у «Авесты», и тот сломан. Стыдно за Саратов», – пишет одна из пользователей о недостаточности велоинфраструктуры города Саратова.

Наблюдатель 2:

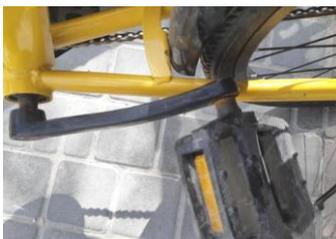
«Почему же в Москве есть подобное и работает. А в провинции процветает вандализм. Я думала, что на ваших хоть научусь кататься, видать, не судьба уже покрутить педали», – соглашается другая жительница Саратова.

Наблюдатель 3:

«Был случай в Ростове, когда у них за одну ночь разные люди угнали пять велосипедов. Все пять потом нашли. Один в подъезде, несколько в квартире, один в каком-то магазине. Мы знаем, что города в России ничем не отличаются. Люди везде живут одинаковые. Нет плохих людей, есть плохой подход управления, вот и всё», – поясняет основатель компании по прокату велосипедов Lucky Bike в городе Ростов-на-Дону.

Наблюдатель 4:

«Сейчас сервис велошеринга крайне популярен во многих городах, в прошлом году он появился и в Волгограде. Ближайший велопрокат был отмечен на карте буквально в 100 метрах от нас. Прямо на обочине дороги в желтом прямоугольнике было припарковано около 4 велосипедов разного размера, как выяснилось позже, разного состояния» (рис. 1). (23.05.2019).



**Рис. 1. Ненадлежащее техническое состояние велосипедов [3]**

Наблюдатель 5:

«Начнем с того, что большинство жителей нашей страны так и не видели нормальных велодорожек помимо тех профанаций, которые устраивают власти российских городов, создавая некое жалкое подобие на

них. Во-первых, настоящая велодорожка должна вести из пункта А в пункт Б, а не просто закольцовываться, как сделано, к примеру, у нас в Самаре на набережной. Начинаясь тоже непонятно как. Во-вторых, велодорожка – это не часть пешеходной зоны, намалеванная скользкой краской для вида, а часть проезжей части. В-третьих, у нас до сих пор нет культуры взаимоуважения пешеходов и велосипедистов, поэтому даже при пустующей пешеходной зоне пешеходов так и тянет прогуляться по велодорожке, а некоторых еще и с детьми-колясками» (см. рис. 2) (03.12. 2019).



**Рис. 2. Передвижение пешеходов по велодорожке в городе Самара [3]**

Наблюдатель 6:

«Надо привыкнуть, что теперь Москва не уступает по велоскользянию городам Европы. Сейчас велотранспорт в Москве используется и горожанами, и туристами не только для отдыха и занятия спортом, но и с деловой целью - для избегания пробок, спуска в метро и т. д. Хотя всё равно получается "два в одном". Прокат велосипедов находится возле метро. Вот фото велодорожки на Малой Дмитровке» (см. рис. 3) (14.09.2020).



**Рис. 3. Качественная велодорожка в г. Москве [3]**

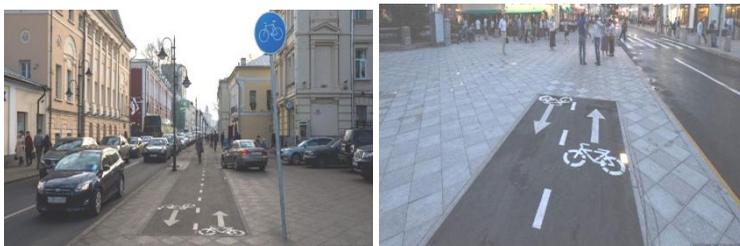
Наблюдатель 7:

«Захотел покататься – легко! И даже паспорта не надо. Схема не сложная. Скачиваешь приложение Urentbike, привязываешь карту к телефону и можешь кататься. 1. Не нужно брать с собой документы или за-

лог. Только твой смартфон и деньги на карте. 2. Самая низкая цена проката - 50 рублей час. 3. Не нужно возвращаться к точке старта 4. Работает круглосуточно, в любое время дня и ночи. Ну и, конечно, есть минусы: 1. Велосипеды соответствуют цене проката. Самые простые. 2. Минимальная аренда - час», – отмечает пользователь велошеринга в Адлере (2019).

Наблюдатель 8:

«Большинство людей не могут использовать велосипед для повседневных поездок, так как это небезопасно. Учитывая общую низкую культуру вождения, велосипедист на дороге подвергается риску. Одна из худших велодорожек в мире находится в Москве на Пятницкой улице. Сделать дорожку посередине узкого тротуара – это надо же додуматься до такого (см. рис. 4). Кроме всего прочего, дорожка начинается из ниоткуда и уходит в никуда (см. рис. 3)» - отмечает активист велосипедного движения г. Москвы (2015).



**Рис. 4. Неудобное расположение велодорожек в Москве [3]**

Опираясь на мнение участников дорожного движения, в частности велосипедистов, предпринимателей, занимающихся развитием систем велошеринга, городских властей, можно сделать следующие выводы:

1. Активные пользователи выделяют такие достоинства системы велошеринга как большое количество парковочных мест на территории отдельных городов, удобство в просмотре достопримечательностей крупных городов, доступная стоимость услуги и популяризация здорового образа жизни.

2. Велошеринг для большинства россиян не привычен, ввиду отсутствия достаточного распространения по территории страны, удобных конструкций велосипедов и надлежащей технической поддержки. Однако имеются перспективы для дальнейшего развития.

3. Отчетливо просматриваются акты вандализма, в частности кражи и порчи велосипедного транспорта.

4. Низкое качество поддержания ремонтпригодности, эксплуатации и содержания инфраструктуры велошеринга, что, возможно, становится причинами вандализма.

5. Муниципальные власти поддерживают урбанистические взгляды предпринимателей о внедрении новой дорожно-транспортной инфраструктуры на улицы городов Российской Федерации и готовы развивать велосипедное движение.

6. Предприниматели субъектов РФ продолжают работать над усовершенствованием систем велошеринга. Очевидно, это связано с положительным опытом использования системы в крупных городах России, в частности Москве, и за рубежом.

7. Отсутствие понимания жителей Российской Федерации о правилах передвижения по велодорожкам. Однако в крупных городах по данному показателю наблюдаются положительные изменения.

8. При проектировании велосипедных дорожек необходимо учитывать безопасность дорожного движения.

9. Зачастую велодорожки РФ не имеют структуры и четкой схемы движения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Шилов В.А.* Развитие системы велошеринга на примере города Ярославль / В.А. Шилов, А.А. Игнатьев, А.В. Соколов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 4. С. 88–94.
2. *Шилов В.А.* Статистический анализ современного рынка велосипедов / В.А. Шилов, А.А. Игнатьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 3. С. 63–70.
3. Мнения пользователей о велоинфраструктуре. URL: <https://otzovik.com/review8235272.html> (дата обращения 07.11.2021).

## **КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ СРАВНЕНИИ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ**

**В.А. Шилов, А.А. Игнатьев**

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

Ярославский государственный технический университет

*В статье выполнен критический анализ в сравнении российских и зарубежных рекомендаций по проектированию и строительству велодорожек. Сделаны выводы о необходимости внесения изменений в российские нормы проектирования велоинфраструктуры.*

***Ключевые слова:** велодорожка, велоинфраструктура, сравнение, критический анализ*

## **CRITICAL ANALYSIS WHEN COMPARING RUSSIAN AND FOREIGN RECOMMENDATIONS FOR THE DESIGN OF BICYCLE INFRASTRUCTURE**

**V.A. Shilov, A.A. Ignatyev**

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

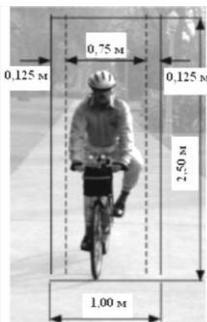
Yaroslavl State Technical University

*The article is based on a critical analysis in comparison of Russian and foreign recommendations for the design and construction of bike paths. Conclusions are drawn about the need to make changes to the Russian standards of bicycle infrastructure design.*

***Keywords:** bike path, bike infrastructure, comparison, critical analysis*

Подход и рекомендации по проектированию и строительству велодорожек в РФ и за рубежом имеют существенные различия. Так, зарубежные рекомендации учитывают такой параметр, как минимальное пространство для велосипедиста на дороге (рис. 1) [3, 4]. На основе этих

данных определяются основные пространственные габариты для велодорожки.



**Рис. 1. Пространство для велосипедиста на дороге [1]**

Всех велосипедистов в зависимости от физической формы, навыков управления транспортным средством и технических характеристик их велосипедов условно можно разделить на несколько групп. Поэтому, Федеральной дорожной администрацией США в 1994 году для упрощения проектирования велосипедных дорог было выделено три группы пользователей велосипедов – А, В, С (рис. 2) [2].



**Рис. 2. Группы велосипедистов [1]**

Выбор типа велосипедной дорожки зависит от множества факторов, включая физические возможности групп велосипедистов, определенные условия транспортных потоков и интенсивности дорожного движения, а также себестоимости будущего строительства или реконструкции:

1. Дорога совместного использования.
2. Выделенная полоса.
3. Выделенная для велосипеда дорога.
4. Велосипедная дорожка раздельного пользования.

При разработке проекта велосипедной дорожки важно учесть непрерывность типа велодорожки. Чередование отдельных типов может привести к росту аварийности для большинства велосипедистов.

В российских рекомендациях при формировании велотранспортной сети (ВТС) учитываются 5 критериев [2]:

1. Безопасность.
2. Последовательность.
3. Прямолинейность и равномерность движения.
4. Привлекательность.
5. Комфорт.

Зарубежный опыт показывает, что выделения только 5 критериев недостаточно, требуется многокритериальная оценка [1]:

1. Уровень навыков пользователей.
2. Стоящие автомашины.
3. Препятствия.
4. Потенциал снижения аварийности.
5. Кратчайшее расстояние.
6. Доступность.
7. Эстетика пейзажа.
8. Личная безопасность.
9. Минимальная частота остановок на маршруте.
10. Минимальное число конфликтных ситуаций.
11. Составление местной или региональной программы по обслуживанию велосипедных дорожек.
12. Качество покрытия велодорожки.
13. Грузовое и автобусное движение.
14. Интенсивность и состав движения.
15. Наличие мостовых переходов.
16. Безопасные перекрестки с автомобильными дорогами.
17. Оценка по требуемым затратам (стоимость/выгоды).
18. Учет потребностей всех групп граждан.

Ключевым аспектом безопасности дорожного движения является правильное расположение велодорожки (рис. 3).

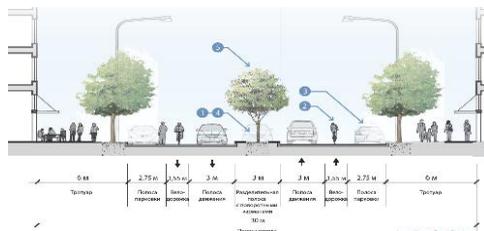


Рис. 3. Автомобильная дорога с выделенной велосипедной дорожкой [1]

Критический анализ российского документа показал отсутствие системности подхода к проектированию велотранспортных сетей и инфраструктуры, в совокупности с неточным отражением истинных потребностей велосипедистов. Таким образом, при сравнении с подобным зарубежным документом можно сделать следующие выводы, относительно российского документа:

1. Недостаточное количество критериев для формирования эффективной сети велосипедных дорожек, в том числе отсутствие рекомендаций по содержанию и эксплуатации велосипедной дорожки, плохой учет реальных условий движения велосипедистов, не приспособленность документа к велотуризму, отсутствие учета условий передвижения велосипедиста по опасным участкам и искусственным сооружениям автомобильных дорог при проектировании ВТС

2. Отсутствие учета габаритных размеров велосипеда с велосипедистом и занимаемого им пространства на дороге.

3. Отсутствие при проектировании учёта всех групп велосипедистов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по развитию велодорожек AASHTO. Приложение 2 / AASHTO EXECUTIVE COMMITTEE. США. 1999. 79 с.
2. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Требования к планированию развития инфраструктуры велосипедного транспорта поселений, городских округов в Российской Федерации. М., 2018. 47 с.
3. *Шилов В.А.* Развитие системы велошеринга на примере города Ярославль / В.А. Шилов, А.А. Игнатъев, А.В. Соколов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 4. С. 88–94.
4. *Шилов В.А.* Статистический анализ современного рынка велосипедов / В.А. Шилов, А.А. Игнатъев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 3. С. 63–70.

**АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ДЛЯ ФУНДАМЕНТА И НАВЕСА ВЕЛОСИПЕДНОЙ  
ПАРКОВКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА SCAD**

**В.А. Шилов, С.А. Тумаков, А.А. Игнатьев**

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

Ярославский государственный технический университет

*В исследовании с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD выполнен расчёт навеса для современной велосипедной парковки. В ходе работы рассмотрена типовая велосипедная парковка с устройством односторонних мест стоянки и хранения средств индивидуальной мобильности. По расчетным значениям основных показателей сделан вывод о наиболее надежном типе конструкции для данного вида сооружения.*

***Ключевые слова:** велосипедная парковка, фундамент, расчет на прочность, программно-вычислительный комплекс SCAD*

**STRENGTH ANALYSIS FOR THE FOUNDATION  
AND CANOPY OF THE BICYCLE PARKING  
USING THE SOFTWARE-COMPUTER COMPLEX SCAD**

**V.A. Shilov, S.A. Tumakov, A.A. Ignatyev**

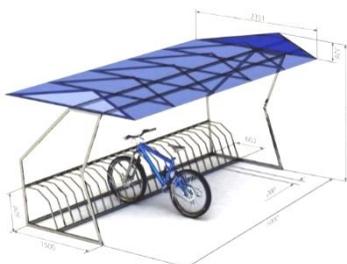
Scientific Supervisor – **A.A. Ignatyev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*In the study, using the SCAD software and computing complex, a canopy for a modern bicycle parking with a device was calculated. In the course of the work, a typical bicycle parking with a one-way parking and storage of individual mobility equipment was considered. According to the calculated values of the main indicators, the conclusion is made about the most reliable type of structure for this type of structure.*

***Keywords:** bicycle parking, foundation, strength calculation, SCAD software and computing complex*

Обустройство современной городской среды предполагает внедрение перспективной гибкой велоинфраструктуры, в частности, безопасных велосипедных парковок, оборудованных навесами для защиты велосипедов и иных средств индивидуальной мобильности (СИМ) от воздействия атмосферных осадков и ветра (рис. 1) [1, 2]. Данные конструкции, как правило, проектируются в виде различных ферм из стали прямоугольного сечения.



**Рис. 1. Пример современной велосипедной парковки с навесом [1]**

В большинстве случаев навес не является объектом капитального строительства и при его проектировании допускается использовать понижающие коэффициенты [3]. Особенностью устройства фундаментов под навесы является малая масса самой конструкции (рис. 2).



**Рис. 2. Типы фундаментов [4]**

Устройство без фундамента выполняется в случаях, когда не представляется возможным в силу технических или экономических причин внести изменения в существующие покрытия, например, асфальтобетоне, цементобетоне или тротуарной плитке.

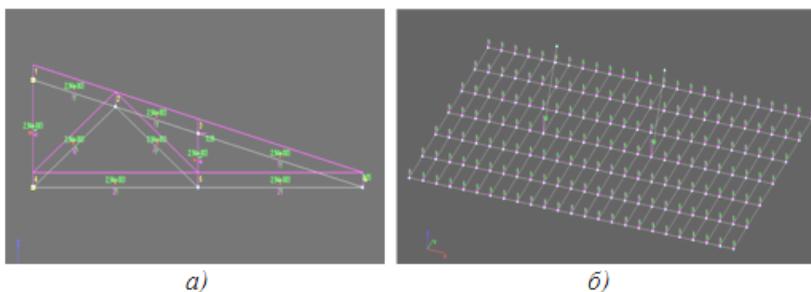
В настоящем исследовании рассматривается устройство велосипедной парковки на упругом двухслойном основании – глина, песок с фундаментом в виде монолитной железобетонной плиты.

Расчетная схема велосипедной парковки с навесом включает в себя силовые элементы для крепления велосипедов, как правило, выпол-

ненные из профильных стальных труб, опоры для конструкции навеса, навес – треугольная ферма из профильной металлической трубы прямоугольного сечения со следующими техническими параметрами для типовых решений (рис. 3):

1. Длина велосипедной парковки – 5 м;
2. Длина навеса ( $l$ ) – 2,7 м;
3. Высота навеса ( $h$ ) – 0,5 м;
4. Профиль сечения трубы по ГОСТ Р 54157-2010: 40x20x4.0;
5. Материал – Сталь С390;
6. Крепление к фундаменту – анкерное;
7. Приложенная сила – 2,52 кН;
8. Собственный вес – 0,03 кН/м;
9. Длина плиты фундамента – 12 м;
10. Ширина плиты фундамента – 8 м.

Приложенные загрузки принимались равными загрузкам на кровельных конструкциях малоответственных зданий и сооружений.



**Рис. 3. Расчетная схема с приложенными нагрузками:**  
*а* – для навеса; *б* – для фундамента на упругом основании

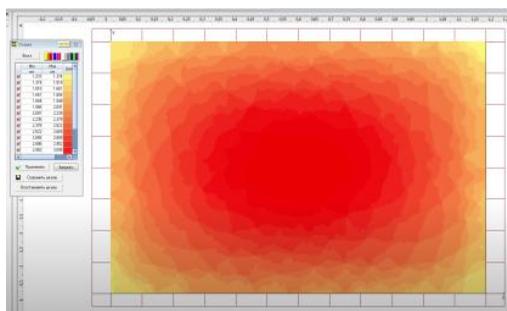
При подобном расчете, поскольку разрабатываемая плита работает на упругом основании, в качестве связей по оси  $X$  будут служить коэффициенты постели  $C_1$  и  $C_2$ . Коэффициент прочности  $C_1$  и коэффициент сдвига  $C_2$  зависят от грунтовых условий. Напряжения с увеличением глубины заложения фундамента возрастают, так как увеличивается столб земли. При этом напряжения от нагрузок, напротив, снижаются [2].

В соответствии с главой СП 50-101-2004 «Расчет плитных фундаментов» пункта 12.5.4 на начальном этапе имеются два неизвестных – коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$  и нагрузки. В то же время нагрузки зависят от коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ . Расчет производится в несколько итераций. Для первой итерации была задана стартовая нагрузка. При этом на данном этапе неизвестными являются два коэффициента –  $C_1$  и  $C_2$ , а также нагрузка под плитой фундамента, при этом они взаимозависимы. По этой

причине расчет плитного фундамента в SCAD осуществляется методом приближений в несколько итераций.

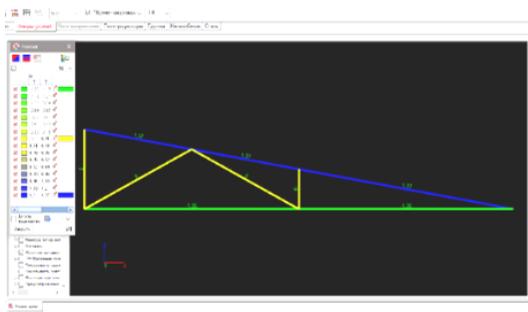
Для первой итерации необходимо задаться начальным значением. Наиболее удобным способом в этом случае является выбор значения, равного сумме вертикальных нагрузок от комбинации загружений плиты деленного на площадь:  $13325/12/8 = 14,17 \text{ Т/м}^2$ .

После приложения рассчитанной нагрузки была определена осадка фундамента (рис. 4). Фундаментная плита работает совместно со основанием. Поэтому данные о перемещениях в этом случае взяты исходя из деформаций плиты. Плита выполнена из железобетона, поэтому во вторую группу расчета по предельному состоянию будет входить расчет на образование трещин, расчет на раскрытие трещин [5].



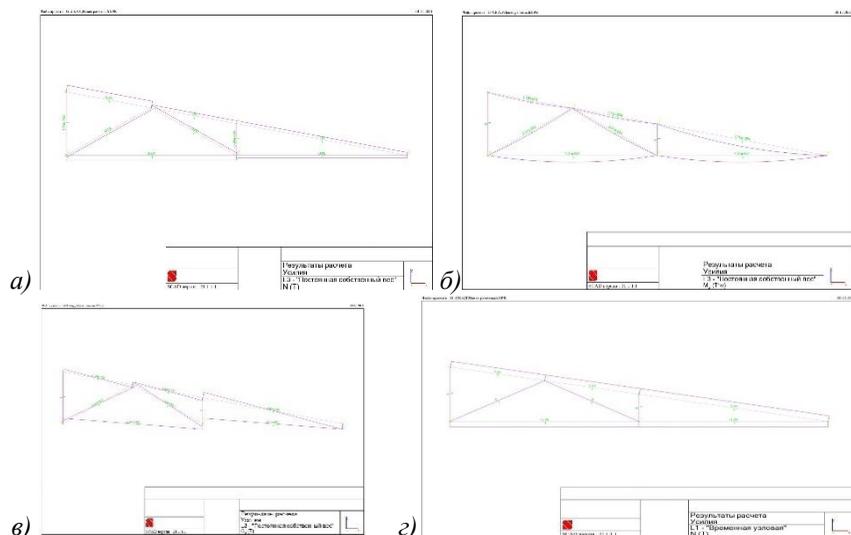
**Рис. 4. Осадка фундамента**

Для навеса велосипедной парковки после линейного расчета был выполнен графический анализ эпюр усилий (рис. 5).



**Рис. 5. Графический анализ эпюр усилий**

При постоянном нагружении в стержнях расчётной конструкции возникает 3 вида усилий:  $N$  (кН) – внутренняя продольная сила,  $M_y$  (кН\*м) – внутренний изгибающий момент, относительно оси  $Y_1$ ,  $Q_z$  (кН) – внутренняя поперечная сила (рис. 6, а–в). При временной нагрузке в стержнях возникает следующий вид усилия:  $N$  (Т) – внутренняя продольная сила (рис. 6, г).



**Рис. 6. Эпюры усилий:**

- а –  $N$  (кН) – внутренняя продольная сила;
- б –  $M_y$  (кН\*м) – внутренний изгибающий момент относительно оси  $Y_1$ ;
- в –  $Q_z$  (кН) – внутренняя поперечная сила;
- г –  $N$  (Т) – внутренняя продольная сила

Таким образом, в работе был проведён анализ существующих навесов и фундаментов для велопарковок с исследованием прочностных условий под действием постоянных и временных нагружений методом конечных элементов в программно-вычислительном комплексе SCAD.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 50.101.2003. «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений». М.: ФГУП ЦПП, 2005. 248 с.
2. Шилов В.А. Развитие системы велшеринга на примере города Ярославль / В.А. Шилов, А.А. Игнатъев, А.В. Соколов // Вестник Пермского национального

исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 4. С. 88–94.

3. *Шилов В.А.* Статистический анализ современного рынка велосипедов / В.А. Шилов, А.А. Игнатъев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 3. С. 63–70.

4. *Тумаков С.А.* Расчет и проектирование фундаментов на естественном основании: учеб. пособие. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2019. 151 с.

5. Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD: Учебное пособие / А.А. Семенов, А.И. Габитов, И.А. Порываев, М.Н. Сафиуллин, В.В. Юрченкко. М.: Изд-во СКАД СОФТ, Изд-во АСВ, 2012. 338 с.

## СЕКЦИЯ «АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН»

УДК 72.025.21

### ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА КАК ГЛАВНОЙ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА: ЦЕРКОВЬ ЧИЕСА ДИРУТА, ИТАЛИЯ

**А.С. Кокуева, С. Аль Убед, Т.А. Сиротина**

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается пример реконструкции руинированного объекта в центральной части города. Целью проекта является создание новой функции, центра притяжения жителей, при этом сохранив духа места города.*

*Ключевые слова: дух места, девизуализация, тематическое единство, регенерация*

### RECONSTRUCTION FEATURES OF THE HISTORICAL BUILDING AS THE MAIN CITY ATTRACTION: CHIESA DIRUTA CHURCH, ITALY

**A.S. Kokueva, S. Al Ubed, T.A. Sirotina**

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers an example of the reconstruction of a ruined architectural building in the center of the small town. The aim of the project is to maintain the spirit of the city by creating a new architecture form, new function, and new center for citizens.*

*Keywords: Genius loci, devisualization, thematic unity, regeneration*

Город имеет множество авторов, и его образ постоянно меняется, «подвергаясь на каждом этапе своего развития влиянию социального и культурного видения и технического уровня развития эпохи» [4]. Города

с глубокой историей чаще всего нуждаются в спасении того или иного архитектурного объекта. При этом работа с архитектурным наследием в центре города требует особого внимания: реконструкция объекта не должна приводить к потере духа места, а должна стать новым пространством притяжения вне времени, отображающим единство старого и нового. Работать с исторической архитектурой означает исследовать и учиться экспериментировать с материей и временем, проецируя старую архитектуру в современный мир с его новыми технологиями, материалами и социокультурными требованиями.

Проект реконструкции церкви Чиса Дирута в Италии, выполненный нами, старается переосмыслить руины церкви и завершить их архитектуру так, что бы они оживили эмоциональную часть города и возродили наследие из воспоминаний, хранящихся в культурном слое руин храма.

Актуальность этого проекта заключается в необходимости сохранения руинированных объектов и интеграции их в современный архитектурный контекст в условиях регенерации существующих городов, что является способом создания качественной эстетики городской среды. Поскольку руинированные сооружения показывают реалии культурного и социального слоя города, при этом оказывая влияние на формирование пространства вокруг, городскую жизнь, жизнедеятельность человека и ценности общества, необходимо согласовывать не только эстетические и исторические аспекты, но также культурные и социальные, стараясь сохранить жизненный путь здания во времени.

Выбирая путь фрагментарного сохранения и соседства современной формы с руинами, мы рассматриваем форму как визуальный контраст старого и нового, а также создаем возможность смены или добавления новой функции сооружению, обеспечивая функционирование руин в качестве объекта притяжения в городской среде.

Данное направление работы с руинами широко используется в зарубежной практике. Яркими примерами являются следующие проекты:

1. MACRO – римский музей современного искусства (архитектор Одиль Декк, 2007 г.) – находится в исторической части города, охраняемого ЮНЕСКО, и занимает большую часть квартала [1].

Основная композиция музея построена на девизаулизации основного объема надстройки с помощью использования стекла, благодаря чему руинированные фасады выделяются на фоне полупрозрачных новых объектов. Исходя из этого, вытекает контраст старого и нового, а также их единство, поскольку стекло является лишь абстрактным занавесом, отдающим все внимание историческим фасадам.

2. Форт Святого Иоана – реновация музейного здания Старого порта в Марселе (архитектор Roland Carta, 2013 г.) – находится в се-

верной стороне старой марсельской гавани и является архитектурным памятником.

Основная идея реновации заключается в использовании современных материалов, в частности медных пластин, которые обладают своей уникальной нейтральной фактурой, которая работает с данными руинами и решает задачу девизуализации нового строительства в контексте города. Данные фасады формируют образ исторической среды в новых ракурсах, усиливая ее историческую ценность.

3. Колумба – музей Кёльнского архиепископства (архитектор Петер Цумтор, 2007 г.) – располагается на территории буферной зоны Кельнского собора, объекта ЮНЕСКО.

Суть проекта заключалась в палимпсесте – целостной совокупности исторического и архитектурного пластов, который объединяет их и показывает, как сосуществуют множественные элементы [4]. В многослойной архитектурной композиции, явно воплощая дух места, современная архитектура была интегрирована в уцелевшие части храма, создавая двуединство деталей и фона.

Церковь Чиса Дирута была построена в XV веке на месте двух часовен и колоколни посвященной святому Джулиано. Предполагалось, что она станет одной из самых важных церквей епископства. С течением времени здание претерпело множество изменений. Так, в течение XVI-XVII вв. были завершены главные ворота, построены новые алтари. В 1964 году землетрясение повредило церковь, и все последующие десятилетия она постепенно разрушалась, при этом продолжая выполнять свою функцию.



Рис. 1. Проект реконструкции церкви Чиса Дирута в Италии

Учитывая сложившуюся ситуацию, мы попытались ответить на вопрос о том, возможно ли вернуть к жизни одно из самых важных религиозных сооружений Южной Италии, находящееся в самом центре исторического города.

Регенерируя историческую среду, мы предполагаем не только сохранение руин, но и их развитие – присвоение им новой функции культурного центра и нового облика, отражающего смену эпох. В процессе архитектурного проектирования был выбран путь аккуратной регенерации пространства и сохранения духа места провинциального исторического итальянского города. Для этого мы выбрали метод девизуализации новой надстройки, используя светопрозрачные отражающие окружающую среду стеклянные объемы.

В качестве основного отделочного материала для нового компенсационного строительства используется медь, поскольку она наиболее выигрышно работает на фоне руин храма. В проекте использован подход признания доминирующей ценности исторической среды, подчиняющий новую архитектуру правилу контекстуализма: *ad hoc + urbanism*, в котором сохраняется связь современной архитектуры со сложившейся драматургией пространства.

Применяя философию Gestalt: «отсутствие присутствия» или «присутствие отсутствия» мы не отрицаем воздействие природы на здание, сохраняя растения на фасадах как часть истории сооружения, подчеркивая единство архитектуры и природы. Использование стекла и меди позволяет создать здание-призрак, растворяющееся в пространстве руин, но, при этом, заполняющее существующую ранее паузу в градостроительной ткани. Внутреннее пространство в проекте сохраняется с учётом его исторического прошлого и аутентичности, новые конструкции не перекрывают и не загромаждают подлинные стены памятника архитектуры.

Данный проект возрождает руинированную церковь Чиеса Дирута в новом облике, сохраняя связь с прошлым и используя методы девизуализации и принципы контекстуализма. Новая архитектура интегрируется в историческую в образе призрака, растворяющегося в пространстве. Так создается диалог между архитектурой, историей и жителями города, позволяющий по-новому взглянуть на использование исторического городского пространства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кудряшов Н.Н.* Девизуализация как метод нейтрализации воздействия нового строительства на историческую среду в процессе ее регенерации // Умные композиты в строительстве. 2020. Т.1. Вып. 1. С. 81-88. URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020) (дата обращения 12.02.2022).

2. *Яргина З.Н.* Эстетика города / З.Н. Яргина. М.: Стройиздат, 1991. 366 с.
3. *Потапова А.В.* Методы регенерации исторических кварталов в современной Европейской практике на примере района Нойштадт (Дрезден, Германия) / А.В. Потапова, Иркутск: ИГТУ, 2012. 19 с.
4. *Сиротина Т.А.* Палимпсест города: глобальное и локальное // Модель культуры русской провинции в аутентичном, историко-типологическом и глобализационном дискурсах: коллективная монография / Под науч. ред. Т.С. Злотниковой, Т.И. Ерохиной, Н.Н. Летиной, М.В. Новикова. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2013. 292 с. С. 189-193.

## ГЕНИЙ МЕСТА КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА

**А.А. Бурова, Т.А. Сиротина**

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**, канд. культурологии,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются вопросы определения Духа места с целью заложения его в основу художественного образа. Раскрываются такие понятия как Дух места, его дуальность и синтез присущих ему параметров, художественный образ, лежащий в основе художественной деятельности, метод Вживания в роль как связующее звено между Духом места и художественным образом.*

**Ключевые слова:** дух места, художественный образ, метод вживания в роль, контекст, культурный код

## GENIUS LOCI AS A BASIS FOR DEVELOPING AN ARTISTIC IMAGE

**A.A. Burova, T.A. Sirotina**

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Culturology,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the issues of defining the Genius loci in order to lay it in the basis of the artistic image. Such concepts as the Genius loci, its duality and synthesis of its inherent parameters, the artistic image underlying artistic activity, the method of “Getting into the role” as a link between the “Genius loci” and the artistic image are revealed..*

**Keywords:** genius loci, artistic image, design methodology, role-playing method, context, cultural code

Понятие гения места активно используется в архитектуре, дизайне, культурологии, истории, литературоведении и психологии. Genius loci – гений места или дух места – понятие, известное еще с античности, является

устойчивым выражением, где оно понималось как «дух местности», «отдельные области своих гениев», или, по Сервиусу, «гений места» – есть “природный”, а потому содержащий самый смысл любого феномена предметного мира [1]. Этот оборот речи представляет собой едва ли не первое обобщение человеческого представления о безликой космической силе.

Genius loci – это неосязаемая духовная характеристика, или качество, которое пропитывает и одушевляет то или иное место, обуславливая его уникальность и определяя его положение во всеобщем порядке вещей.

Задача архитектора - конкретизировать этот гений места.

По нашему мнению, оно несет в себе роль абстрактного синонима понятия культурного кода контекста, без которого невозможно представить существование предмета материального мира. В большинстве своем, это конкретное, определенное место, обладающее не только объективными параметрами, такими как: наличие или отсутствие истории, принадлежность к социальным, экономическим и психологическим потребностям, но и индивидуальным характером, духом, который можно только почувствовать, уловить на иррациональном уровне. Сама иррациональность этого духа подразумевает чувственное восприятие темы принадлежности гения месту и места гению. Локальные артефакты среды, объекты культурного кода, фольклор несут в себе дух места, который выражается метафоричными и метафизичными образами. «Любая постройка изменяет, трансформирует место. Эта трансформация может его «убить» или обезличить, а может подчеркнуть особенности, проявить и выразить его сущность» [3]. Безусловно, внимание к особенностям конкретного места, к его окружению, культурно-историческому и социально-психологическому контекстам, к его «духу» требует от архитектора, как от средообразователя и средопреобразователя, особой чуткости. В каждом отдельном случае это индивидуальный подход, базирующийся как на определении предельно конкретного: фактов о месте, являющихся базой для дальнейшей разработки художественного образа, так и на стремлении постичь предельно абстрактное: иррациональное начало, присущее духу места.

Таким образом, «гений места» способствует рождению художественного образа, в форме которого сам себя осуществляет в дуальности реального и мыслимого.

Художественный образ – способ и форма освоения действительности, характеризующейся нераздельным единством чувств и смысловых моментов в искусстве. В истории науки изучением возникновения и развития понятия образа и образных трансформаций занимались эстетика, философия, реже – искусствоведение. Истоки теории художественного образа заложены еще в учениях Аристотеля и Платона. Теоретики искус-

ства единогласно высказывают мнение о признании особой роли эмоционального начала, которое является неременной стороной содержания художественного произведения. В своей работе О.Б. Чепурова пишет: «Художественный образ сводится к двум первоначалам: метонимии и метафоре. Метонимия - часть или признак целого, метафора – ассоциативное сопряжение разных объектов» [2]. Иными словами: к определению контекста, являющегося целостным окружением создаваемого художественного произведения и концепции, базирующейся на эмоционально-чувственном понимании автора неосязаемого культурного кода, заложенного в контекст.

Таким образом, обобщая рассмотренные понятия, можно определить, что контекст, как среда, обладает эмоционально-чувственной иррациональной составляющей, выраженной гением места. Она объединяет в себе все художественные образы, присущие данному месту, задает нарратив, связывающий все конкретные и абстрактные составляющие гения места. Каждое конкретное место и отдельные объекты материального мира несут и проецируют определенную атмосферу, вызывают прямые и косвенные, метафоричные и метафизичные ассоциации. Само место в данном случае – это контекст, а атмосфера – его гений места, который считается на иррациональном уровне.

Художественный образ обладает своей логикой, он развивается по своим внутренним законам. На основании исследования, необходимого для понимания контекста и фактического образа духа места, к которому относятся изучение истории места, исторических и социальных событий, связанных с местом, отражение места в искусстве и литературе, архитектор задает изначальные параметры образа, которые будут являться рамками, ограничивающими художественную правду. Масштаб исследования при этом напрямую влияет на многогранность гения места. Полученный материал, лежащий в основе художественного образа, ведет создателя за собой, позволяя конкретизировать те или иные факторы, влияющие на художественный образ, не выходя за рамки правды и не фальсифицируя при этом контекст.

А.Н. Шеховцова выделяет художественный образ неотъемлемой составляющей любого художественного объекта и композиции, структурным и объединяющим фактором в процессе проектирования. [4] С точки зрения методологии, работа над художественным осмыслением *духа места* проводится на основании метода *вживания в роль*, где полученные в процессе исследования факты о контексте места являются основой для осмысления абстрактного духа, наделенного за счет проведенных исследований особыми характеристиками, свойственными конкретному месту. В данном случае, разработка художественного образа заключается в поиске *духов*, являющихся неотъемлемой частью места в опре-

деленных ситуациях, периодах, временных рамках. Сущность этого метода заключается в отождествлении самого себя с тем или иным объектом, находящимся в пространстве не существующего в реальности художественного образа автора или в контексте реально существовавшей, но не сохранившейся до настоящего момента действительности. Таким образом, *дух места* может быть представлен не единственно существующим объектом, а частью множества, составляющего контекст, так как все артефакты, присущие месту несут в себе его дух. В данном случае, с фактически существующим местом, в процессе разработки художественного образа, в сознании автора происходят метаморфозы, оно уже не отождествляется с конкретной точкой на карте, а, как пишут в своей работе Н.Ю. Замятина и Н.В. Замятин: «Место существует как растяжимое и растягивающееся, постоянно трансформирующееся пространство образов, чувствуемых и создаваемых гением» [5], где под «гением» можно понимать синтез автора и того иррационального начала, ведомым которого он является. При этом Д.Н. Замятин приводит три стратегии, работы с гением места: стратегия «пересмотра места», стратегия расширения образно-географических контекстов места и стратегия «уничтожения места» [5]. Все эти стратегии подразумевают непосредственное участие гения в подобных трансформациях.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что гений места, являющийся синтезом предельно конкретного понятия места и предельно абстрактного понятия иррационального начала истории места, является основой для разработки художественного образа по методу вживания в роль, базируясь на предпроектном исследовании и отождествлении себя с артефактом, присущим конкретному месту.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Едошина И.А.* «GENIUS LOCI» как тест культуры / И.А. Едошина // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. 2012. Т. 2, № 5. С. 48-52.
2. *Чепурова О.Б.* Художественный образ в дизайн-проектировании объектов культурно-бытовой среды: автореферат дисс. ... канд. искусствоведения / О.Б. Чепурова. М., 2004. 26 с.
3. SPEECH: дух места. URL: <https://www.speech.su/ru/9-genius-loci>, (дата обращения 20.02.2022).
4. *Шеховцова А.Н.* Художественный образ как проблема в современном дизайне / А.Н. Шеховцова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук - 2015. Т. 2, № 3. С. 237-240.
5. *Замятина Н.Ю.* Гений места и город: варианты взаимодействия / Н.Ю. Замятина, Д.Н. Замятин // Вестник Евразии=Acta Eurasica. 2007. Т. 35, № 1. С. 62-87.

## **ОБЩИННОЕ ПОСЕЛЕНИЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

**Е.Р. Рысаков, Д.А. Турбин**

Научный руководитель – **Д.А. Турбин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается актуальность такого явления, как общинные поселения (в том числе в контексте дезурбанизации) и дается прогноз относительно возможных тенденций, связанных с переселением людей в общинные поселения.*

*Ключевые слова:* общинные поселения, «экопоселения», дезурбанизация, общинность

## **COMMUNITY SETTLEMENT: CURRENT SITUATION**

**E.R. Rysakov, D.A. Turbin**

Scientific Supervisor – **D.A. Turbin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article examines the relevance of such phenomena as community settlements (likewise in the context of deurbanization) and provides a forecast regarding the possible trends related to the resettlement of people in community settlements.*

*Keywords:* community settlements, “ecovillage”, deurbanization, communality

Большинство людей сегодня живут оседло [1], территориально объединившись в поселения различного типа: от хуторов до мегаполисов.

В России общая типологическая картина относительно характера расселения людей в целом выглядит примерно следующим образом. Наблюдается процесс депопуляции, а часто опустынивания, сельских (равно небольших) поселений, при этом сеть средних и малых городов остается слабо заселена, тогда как крупные города растут стремительно, и рост этот зачастую негативно сказывается на качестве жизни людей.

Поэтому сегодня, в эпоху тотальной цифровизации, урбанизма, технологичности, часто встречающихся обособления и обезличивания, обращение внимания на иные типы расселения, на небольшие отдельные поселения, может быть как никогда важно, хотя бы ради того, чтобы не забывать, что «можно и так».

Особенно это может быть актуально для нашей страны, поскольку некоторыми исследователями считается, что от освоения незаселенных территорий России, развития сельскохозяйственного производства и возрождения малых поселений зависят безопасность, целостность и единство государства [2, 3].

Более того, в последнее время можно говорить о том, что, на фоне стремительного запустения деревни (вызванного в том числе значительной механизацией сельхозпроизводства) и массового оттока населения в крупные города, областные центры, Санкт-Петербург и Москву, пусть медленно, но набирают обороты и обратные процессы, вызываемые усталостью самих горожан от суеты, шума и грязи [4].

Всё больше жителей мегаполисов всерьез задумывается о переезде на природу; другое дело, что реализация подобных планов пока что носит в основном паллиативный характер.

Наименее радикальное и наиболее распространенное решение вопроса с переездом – переселение в пригород.

В России этот процесс – процесс субурбанизации – был начат примерно 20 лет назад: при городах-миллионниках и некоторых полумиллионниках формировался пояс коттеджных пригородов.

При этом оказывается, что большинство жителей пригородных особняков не проживают в них постоянно, а используют их как круглогодичную дачу, что сглаживает эффект и говорит о незначительном масштабе всего процесса. К тому же даже те люди, для которых пригородные дома являются фактическим местом жительства, как правило, не рвут связей с городом, сохраняя свою квартиру, не отказываясь от городской регистрации и работы.

Более серьезный шаг – это решение перебраться в удаленную от крупных городов сельскую местность. Самым массовым из дезурбанизационных процессов является переселение в деревню после выхода на пенсию (как правило – на малую родину, в родительский дом). Еще один процесс – переезд на природу специалистов, работающих удаленно; здесь, помимо собственно желания, решающим фактором является лишь доступность высокоскоростного Интернета.

Но факты переселения из большого города в деревню с последующим вовлечением в местный рынок труда или с целью самостоятельно заняться сельским хозяйством до сих пор крайне редки.

Наконец, существует еще одна разновидность дезурбанизации, до сих пор остающаяся как будто не замеченной. Это переезд в так называемые экопоселения, создаваемые, как правило, самими горожанами – процесс пусть и не столь значительный, но интенсифицирующийся с начала 1990-х годов.

Социологи понимают «экопоселение» широко [4]: это не только новые «неофициальные» населенные пункты, в которых собираются люди, желающие вести экологичный образ жизни в «чистой среде». К «экопоселениям» относят также поселения, создаваемые группами людей, объединенных общей идеологией («второбытники», сектанты, язычники, анархисты, рериховцы, ведисты, антиглобалисты, пострыночники, упрощенцы, «экологически мыслящие» и др.) и нацеленных на социальную, информационную, экономическую, а иногда и пространственную изоляцию.

Переезд в «экопоселение», как правило, обусловлен не только стремлением к экологическому благополучию. Причины переселения также могут иметь романтический, философский, религиозный, социальный (бегство от «общества потребления» и «технократического мира») и даже практический характер (стремление к самодостаточности на случай экономических кризисов и прочих катаклизмов).

В России наиболее распространенным видом «экопоселений» стали поселения родовых поместий [4]. Примерная их доля в общем количестве экопоселений составляет не менее двух третей, что следует как из анализа Интернет-пространства, так и из материалов полевых исследований, предпринимавшихся российскими социологами.

Создание большинства такого рода поселений можно считать проявлением неoarхаики, т. е. возвращением к архаичным моделям на качественно ином, более сложном уровне [4].

Немецкий социолог Фердинанд Тённис более века назад в своем фундаментальном труде «Общность и общество» описал возникновение новых общностей (Gemeinschaft; в некоторых переводах – «общин»). Тённис считал, что при крахе общественных цивилизации и культуры из сохранившихся разрозненных ростков общности, возможно, начнет развиваться новая культура. Тем самым он в каком-то смысле допускал цикличность истории, эффект маятника.

Очевидно, что вновь создаваемые самоизолирующиеся локальные сообщества (в том числе экопоселения) стремятся к полной или частичной общности, что делает тему общины вновь актуальной. Более того, большинство таких сообществ, пусть и неосознанно, действительно хотят организовать во многом в соответствии с представлением Тённиса об общности.

Различие между введенными Тённисом понятиями «общность» и «общество» он видел в следующем [5]. По Тённису, в общности воли всех ее членов совпадают между собой (и, следовательно, совпадают с сущностной, или естественной, волей), тогда как в обществе, наоборот, воли всех входящих в него людей различаются (а избирательная, или рациональная, воля представляет собой их результирующую).

Общность и общество в чистом виде являются идеальными полярными моделями, не существующими в действительности, поскольку как общностные, так и общественные признаки проявляются в реальности совместно. При этом, например, для деревни общностные отношения более свойственны, чем для города.

Видом связанности (любых социальных связей между людьми, осознаваемых ими), наиболее близким к идеальной общности, а также в каком-то смысле ее историческим прототипом, является первобытная кровнородственная община.

История человечества состоит из двух последовательных эр – эры общности и эры общества, а само оно движется от кровнородственной общины к космополитическому обществу.

В 80-х годах XIX века, когда Тённис работал над первой редакцией «Общности и общества», подавляющее большинство населения России всё еще жило в локальных сообществах, в которых царили преимущественно общностные отношения, – крестьянских общинах [5].

Начиная со столыпинской аграрной реформы, нацеленной на отказ от общинного землевладения, образ жизни и общежития крестьян стал постепенно меняться. В советское время процесс был ускорен индустриализацией, урбанизацией, повышением пространственной и социальной мобильности, позднее – глобализацией.

Общинность на уровне взаимоотношений между людьми в той или иной степени сохранялась в деревнях, но массовый отток населения в города в 1960-е и 1990-е годы, а также обнищание и закрытие колхозов и совхозов в постперестроечное время нанесли, казалось бы, смертельный удар по традиционному сельскому образу жизни и отношениям, особенно в неплодородном Нечерноземье.

Если видеть в намечающейся тенденции хотя бы частичного переселения горожан в сельскую местность осуществление тённисовского прогноза, можно говорить о вероятной будущей повсеместности такого явления, как общинное поселение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прохоров Б.Б.* Экология человека. Понятийно-терминологический словарь. Ростов-на-Дону, 2005. URL: [https:// human\\_ecology.academic.ru/Оседлость](https://human_ecology.academic.ru/Оседлость) (дата обращения 20.12.2021).
2. *Петрова З.К.* Модернизация планировочной организации сельских поселений // *Academia. Архитектура и строительство.* 2021. № 2. С. 103–110.
3. *Петрова З.К.* Влияние социальных, природно-экологических, экономических, инженерно-технологических и историко-культурных факторов на планировочную организацию сельских поселений / *З.К. Петрова // Наука, образование и экспери-*

ментальное проектирование. Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции, 6–10 апреля 2020 г., Москва. М.: МАРХИ, 2020. С. 286–289.

4. Позаненко А.А. Самоизолирующиеся сообщества. Социальная структура поселений родовых поместий // Мир России. 2016. № 1. С. 129–153.

5. Позаненко А.А. Два вида изолированных локальных сообществ как старые и новые тённисовские общности в современной России // Журнал социологии и социальной антропологии. 2017. № 20(3). С. 161–178.

## ПРОБЛЕМЫ ВНУТРИКВАРТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЦЕНТРА г. ЯРОСЛАВЛЯ

**Д.О. Павлова, А.М. Смирнова, Н.Н. Кудряшов**

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, канд. архитектуры,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье исследуются особенности исторической среды, архитектура и благоустройство внутриквартальных пространств центральной части г. Ярославля.*

*Ключевые слова:* историческое наследие, историческая среда, Ярославль, архитектура, благоустройство, внутриквартальные пространства

## PROBLEMS OF THE INTRA-BLOCK ARRANGEMENT OF THE YAROSLAVL CITY CENTER

**D.O. Pavlova, A.M. Smirnova, N.N. Kudryashov**

Scientific Supervisor – **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article examines the features of the historical environment, architecture and landscaping of the inner-block spaces of the central part of Yaroslavl.*

*Keywords:* historical heritage, historical environment, Yaroslavl, architecture, landscaping, residential spaces

Город – это своего рода живой организм, система, которая постоянно обновляется и развивается. Так можно сказать и о Ярославле. Жизнь кипит на центральных улицах. Город привлекает туристов своей историей, горожане с удовольствием гуляют по вымощенным центральным улицам.

Городской центр Ярославля функционально очень насыщен. Здесь находятся главные достопримечательности, проложены основные туристические маршруты, высокая степень транспортной и пешеходной дос-

тупности. Среда исторического центра города интересна для восприятия, богата памятниками истории и культуры. Высокая сохранность историко-архитектурной ткани центра города обеспечила Ярославлю место в списке памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО, ставя город на один уровень с другими признанными памятниками культуры мира. [2] Такой статус обязывает властей города обеспечить сохранность исторических объектов в этой зоне. И на первый взгляд может показаться, что данное обязательство выполняется. Чистые и ухоженные улицы, опрятные фасады привлекают к себе как туристов, так и жителей спальных районов города.

К сожалению, обновляется лишь внешняя оболочка. Кварталы закрыты и обособлены от людей, поэтому постепенно пустеют разрушаются, из них уходит жизнь. Сейчас внутриквартальные пространства исторического центра используются под парковки или рынки, иногда можно найти небольшие отчужденные детские площадки на прилежащих территориях жилых домов, некоторые участки и вовсе представляют заброшенные пустыри, свалки. Одним словом, часть города как будто застряла в летаргическом сне. Случайно забредший туда горожанин или турист может ужаснуться, так как всё это никак не сочетается с внешним обликом исторического города, на первый взгляд такого живого и процветающего. С лицевой стороны (с внешней стороны квартала) здания выглядят вылизано и опрятно, создавая всем видом праздное впечатление, своего рода архитектурный торт, а с обратной полная его противоположность – совершенно неухоженные фасады, заколоченные окна, трещины, обшарпанные стены. Отсюда следует, что даже такому городу, как Ярославль, необходимо обновление среды, среде необходимо всецело развиваться, привлекая к себе больше людей.

Примеры реконструкции городской среды можно встретить в зарубежной практике, которая имеет наиболее богатый опыт в данном направлении. Обратимся к примеру реконструкции объекта Всемирного Наследия ЮНЕСКО – Музейный остров в Берлине, в условиях и развития исторической среды. Процесс реконструкции комплекса включал широкий методико-технологический перечень работ: консервацию, реставрацию, реновацию, использование современной архитектуры, дополняющей историческую среду с целью увеличения функционального потенциала территории и развития социокультурной системы объекта Всемирного Наследия, а также полное или частичное воссоздание отдельных объектов на исторической подоснове. Далее рассмотрим Римский музей современного искусства MACRO – это пример локальной регенерации исторической среды. После реконструкции по проекту архитектора Одиль Дек музей занял большую часть исторического квартала. Здесь был использован принцип конверсии: композиция музея строится на кон-

трасте «старого» и «нового», единстве «деталей и фона» и девизуализации нового объема. Также ярким примером конверсионной реконструкции являются кампуса университета Касселя в Германии, где была преобразована промышленные здания локомотивного завода Henschel. Здесь точно так, как в музее MACRO происходит наслаивание старого и нового, как способа раскрыть, экспонировать историю места – архитектура со стремлением выразить сущность «genius loci».

Возвращаясь к Ярославлю, будем опираться на западный опыт и методики контекстуализма для реконструкции квартала. Выбранная нами территория, для создания общественного пространства, представляет собой старый исторического квартала, ограниченного ул. Кирова, ул. Первомайской, ул. Андропова, Депутатским пер. в г. Ярославле, который в настоящее время представляет собой территорию без какой-либо инфраструктуры, заброшенную и отчужденную.

Некоторые ряды внутренней застройки не имеют ценности, но важны лишь тем, что показывают традиционный кольцевой тип застройки квартала. Данное свойство было очень характерно для старого Ярославля – это то, что называется ретроспектива в регенерации исторической среды. Следовательно, внутренний ряд мы сохраняем по пятну застройки: сносим все, что здесь перестраивалось и заменяем на свою, используя принципы контекстуализма, вернукуляр.

Весь наземный уровень – обязательно open space, открытый, общедоступный, своего рода форум, гульбище для народа с комфортным привлекательным для людей благоустройством. Новые пути – это сквозные, разрезающие квартал пассажи, привлекающие жителей и гостей города зайти внутрь кварталов. Панорамные площадки, сквер курданер, чтобы любоваться алтарной апсидой Сретенской церкви. Архитектура двухэтажная во избежание нарушения ограничений, которые диктует историческая среда. Фактически использоваться будет только один верхний этаж, потому что весь нижний этаж открытый, за исключением входных узлов в объеме второго этажа.

Композиционные оси внутри кварталов необходимо поддержать колоннадами, также они подойдут для создания камерных уютных пространств. Крытые галереи вдоль зданий создадут дополнительный транзит для людей, спасающих от жары или дождя.

Внутриквартальные пространства – это «золотая» территория и весь город должен пользоваться её благами. Функциональная цель – превратить их в открытые пространства общегородского пользования, где круглый год будет светло, тепло, чисто и сухо. Таким образом кварталы оживут изнутри, проснувшись от тяжелого болезненного сна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия. URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/heritage.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/heritage.shtml) (дата обращения 9.02.2022).
2. Центр Ярославля - объект Всемирного наследия ЮНЕСКО. URL: <http://lions-guides.ru/Yaroslavl-region/interesting-places-of-Yaroslavl/historic-centre> (дата обращения 8.02.2022).
3. *Кудряшов Н.Н.* Девизуализация как метод нейтрализации воздействия нового строительства на историческую среду в процессе ее регенерации // Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1, вып. 1. С. 81-88. URL: [http://comincom.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincom.ru/index.php/tor/V1N1_2020) (дата обращения 12.02.2022).

## ЦВЕТ В АРХИТЕКТУРЕ

**В.В. Кукушкин, Н.Н. Кудряшов**

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, канд. архитектуры,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассмотрены тенденции цветовых решений, вопрос о влиянии цвета на ощущение человека и восприятия окружающего мира в целом. О нужности цвета и правильности его подбора в интерьере и экстерьере.*

**Ключевые слова:** цвет, архитектура, влияние цвета, дизайн, цветовые концепции, использование цвета

## COLOR IN ARCHITECTURE

**V.V. Kukuchkin, N.N. Kudryashov**

Scientific Supervisor – **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the trends of color solutions, the question of the influence of color on the human sense and perception of the world as a whole. About the need for color and the correctness of its selection in the interior and exterior.*

**Keywords:** color, architecture, color influence, design, color concepts, use of color

Раньше цвету уделяли небольшое значение, но с течением времени, с начала XX века, цвет стал все больше и больше входить в нашу повседневную жизнь. Цвет в интерьере и экстерьере способен создать любое настроение и ощущение для человека, находящегося в данном пространстве. Так, к примеру, бодрящим цветом будет синий, который замедляет выработку мелатонина. Желтый способствует отличному настроению, а красный может быть угрожающим и агрессивным, напоминающим кровь.

Многие архитекторы и дизайнеры боятся применять цвет, заменяя его монохромными цветами. Дерево, бетон, стекло, кирпич, считаются отличными материалами сами по себе, а их излишняя декоративность –

неестественной и ненужной. Однако при открытии новых материалов, у проектировщиков появился интерес к созданию ярких построек. Цветом можно объединить либо раздробить любую композицию в интерьере и экстерьере, а также создать необходимое настроение. Кроме того, если говорить о типовой застройке, спальных районах, выделение из серой массы можно выполнить при помощи цвета, даже не имея выдающихся объемно-пространственных решений. То же самое и в интерьере, в местах большего трафика людей можно использовать яркие и интенсивные цвета (зоны фудкорта), а для кабинета, спальни подойдут более мягкие и приглушенные тона. Тенденция придания цвета в архитектуре и дизайне становится все более и более заметной [2].

Красный цвет означает тревогу, беспокойство, опасность, при этом красный цвет помогает быть активным и энергичным. В интерьере может быть применен как акцент при пастельной основной гамме, который обязательно привлечет внимание. Людям с неустойчивой психикой лучше отказаться от этого цвета. Темно-красный тон в архитектуре отличается обольстительным эффектом, но бледно-красноватый – наиболее доброжелательный и уравновешенный.

Оранжевый цвет – цвет радости, жизнелюбия, и пробуждает положительные эмоции. Такой цвет менее агрессивен, чем красный, поэтому его можно использовать в больших количествах. Кроме того, оранжевый цвет побуждает, так что его смело можно использовать на кухне и в детских комнатах.

Желтый цвет, так же как и оранжевый, несет в себе положительные эмоции, способствует активности. Его можно сделать и акцентом либо покрыть большие площади в пространстве, в зависимости от задачи. Такие пространства сразу станут более живыми, бледно-желтый может казаться спокойным. Желтый цвет можно применять в любых пространствах- и в гостиной и детской и на кухне.

Зеленый цвет, цвет природы, дает спокойствие и умиротворение. Этот цвет помогает расслабиться, найти гармонию с самим собой и другими. Данный цвет подойдет впечатлительным людям, его применяют в спальнях, гостиных, и любых других местах отдыха. Тем не менее если это изумрудный или желто-зеленый, в сочетании с белым может казаться тяжелым и ненормальным для психики человека. Внешне зеленые стены, крыша дома дают общую дружелюбность, надежность.

Этот цвет показывает надежность, собранность и спокойствие. Синий и голубые оттенки подойдут для людей творческих, для учебной деятельности, поскольку активизирует мозговую деятельность. На полотнах воспринимается как небосвод, а отдельные архитектурные элементы синего цвета часто применяются в интерьерах и экстерьерах, к примеру – в мебели.

В архитектуре и дизайне интерьера является самым тяжелым цветом, и злоупотребление его приведет к раздражению, неврозу. Для того, что бы фиолетовый цвет стал более благоприятным, рекомендуется применять его со светлыми, пастельными цветами. Спокойные и светлые тона компенсируют тяжесть фиолетового. С другой стороны этот цвет очень интересный и оставляет незабываемое впечатление, смотрится дорого и привлекательно. Фиолетовый можно использовать в любых помещениях, главное знать меру.

Ассоциируется с чистотой, невинностью, дает легкость и помогает расслабиться. Является нейтральным цветом в архитектуре и дизайне. Часто применяется для того, что бы визуально расширить пространство. Белый один из самых популярных цветов в оформлении внутренних и наружных пространств.

Черный - благородный, строгий, смотрится дорого и роскошно как на зданиях, так и в интерьерах. Сам по себе этот цвет давящий и тяжелый, особенно если он используется в большом количестве, но когда используется как акцент с пастельными тонами, то смотрится очень модно и современно. Черный цвет способствует развитию мышления. Использовать черный можно в любых пространствах, главное не переборщить.

Исходя из всего, можно сделать вывод о том, что цвет в архитектуре и дизайне интерьера принимает чуть ли не решающую роль в формировании пространства. Очевидно, что все цвета изменяются по коэффициенту яркости и насыщению. От того, какой цвет будет в том или ином месте зависит психологическое состояние человека, находящегося там. Поэтому применяя цвет, нужно знать его эффект на человеческое сознание, ведь одним цветом можно создать жизнерадостный и наоборот угнетающий интерьер. Кроме того, нужно учитывать и свет, материал при проектировании, для достижения наилучшего результата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Потокина Т. М.* Понятие цвета и его роль в архитектуре // *Философские проблемы культуры.* 2009. № 1(9). С. 77-79.
2. Роль цвета в архитектуре и дизайне интерьера. URL: <https://artfasad.com/chastnyj-dom/rol-tsveta-v-arkhitekture-i-dizayne-interyera/> (дата обращения 12.03.2022).
3. Сила цвета: когда и почему архитектура должна быть яркой. URL: <https://archspeech.com/article/sila-cveta-kogda-i-pochemu-arhitektura-dolzha-byt-yarkoy> (дата обращения 15.03.2022).
4. Влияние цвета на архитектуру. URL: [https://www.archidizain.ru/2020/01/blog-post\\_3.html](https://www.archidizain.ru/2020/01/blog-post_3.html) (дата обращения 15.03.2022).

## ПРОЕКТ ЭКО-ДЕРЕВНИ В СВАНЕТИИ

**С.В. Зюбина, Н.В. Хомутова**

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье исследуется подход к проектированию экопоселений на примере эко-деревни с туристической функцией в поселке Местия, Верхняя Сванетия, Грузия.*

**Ключевые слова:** экопоселение, туризм, Грузия, экологическая архитектура, контекстуальная архитектура

## THE PROJECT OF ECO VILLAGE IN SVANETIA

**S.V. Zyubina, N.V. Khomutova**

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article is devoted to approach of the design of eco-villages on the example of the eco-village with a tourist function in Mestia, Upper Svaneti, Georgia.*

**Keywords:** ecovillage, tourism, Georgia, ecological architecture, contextual architecture

Динамика современного ритма жизни требует колоссальных затрат не только физической, но и психологической энергии. Зачастую человек, находясь в рамках города, задумывается об эмоциональной разгрузке вне пределов своего обычного места пребывания. Одним из таких мест может стать эко-деревня.

Концепция туристического экопоселения заключается в стремлении создать уникальную возможность познакомиться с живописными пейзажами и жизнью в отдалении от городской суеты, отдохнуть от привычной рутины мегаполиса и насладиться красотами природы. Проектирование экопоселений связано главным образом с

оценкой факторов окружающей среды и местных условий: особенности местной архитектуры, климатические условия, культурно-исторический контекст (традиции, обычаи, особенности расселения).

При проектировании учитываются следующие принципы: максимальная интеграция в окружающий ландшафт, доминирование природы, использование природных материалов, характерных для данной местности.

Исторически, появление “экопоселений” можно отнести к 1960-ым годам, с появлением хиппи, которые проповедовали единение с природой. Они представляли из себя хаотичным образом созданные места проживания для небольшого числа людей, пытавшихся обеспечить себя всем необходимым самостоятельно вдали от крупных городов. Похожая идея нашла свое отражение в современном понятии экопоселения.

Можно привести следующие примеры:

- Поселение Тамера, Португалия основано на концепции Healing Biotope - заботе о земле и возвращении ей ресурсов. Экопоселение поделено на различные зоны — например, есть несколько кухонь, есть отдельная гостевая зона, есть офис, есть детские площадки для игр, зона развлечений, есть центр для проведения лекций, семинаров и других общих мероприятий и так далее. Большинство людей живут в домах на колёсах, палатках, либо в небольших сборных домиках;

- EcoVillage в Итаке. Здесь есть здания и открытые ландшафты, ферма и сады, структуры управления и групповые процессы. Полностью экономически независимые отдельные дома объединяются группами в соседские блоки, они все снабжены оживленной пешеходной «улицей» и большим общим домом. Здесь проложены тропы для прогулок и лыжников, пруд для купания и катания на коньках. Использование принципов высокоплотной застройки минимизирует площадь застроенных земель.

- Гришино, Ленинградская область. Гришино - одно из первых экопоселений России. Гришино не имеет единой архитектурно-градостроительной концепции. Дома до сих пор строятся импровизированно вдоль берега реки Важинка и образуют своеобразные хутора. Тут развивается экотуризм, а одним из значимых проектов экопоселения является природно-архитектурный заказник, созданный на базе деревень Гришино и Согиницы, в которой находится уникальный памятник архитектуры храм Николы.

Применение концепции экопоселения было опробовано в рамках проекта “Эко- деревня в Сванетии” в поселке Местия, Верхняя Сванетия, Грузия. Задачей проекта являлось создание поселения, расположенного на туристическом маршруте, непростого участка в пойме реки

Местичала. Проект должен поддерживать принципы органической архитектуры, минимализировать влияние новой архитектуры на природный ландшафт и позволить путешественникам прикоснуться к местным традициям и культуре.

Территория обладает безусловными достоинствами: удаление от плотно застроенного центра поселка, наличие туристических маршрутов поблизости, близость к большой воде, пологий рельеф, богатая история.

Главная функция проектируемой эко-деревни – это природо-ориентированный туризм, где семьи принимают у себя гостей. Включает программу экологического образования и просвещения в области культуры местных жителей.

Инфраструктура поселка предусматривает и общественные функции, обеспечивающие комфортное пребывание туристов и местных жителей: общественная функция в помещении клуба, банный комплекс, кемпинг, подсобное хозяйство (ферма с домашними животными). Для успешной реализации проекта необходимо решить следующие задачи на территории:

- создание комфортной среды путем благоустройства местности;
- укрепление береговой линии реки Местичала;
- устройство подъездов транспорта и подходов к территории.

Особенностью данного проекта является минимальное вмешательство в природный ландшафт участка.

В основу проекта лег план межевания территории. Главная композиционная ось плавно повторяет изгибы реки Местичала и определяет направление территориального развития проектируемого пространства.

В ходе детальной разработки архитектурно-планировочного сценария было принято решение использовать существующие границы участков плана межевания в качестве участков размещения жилья, дороги провести по границам этих участков. Главная продольная пешеходная ось, пересекается с этими дорогами. Вдоль этой оси, на свободных участках располагаются общественные здания и сооружения. Тем самым, функции, наполняющие проектируемую территорию, рационально распределены и связаны друг с другом.

Функциональная программа комплекса включается в себя:

- Банно-оздоровительный комплекс.
- Общественный центр с ресторанами, сувенирными лавками, детской площадкой;
- Жилые дома;
- Кемпинг. территория для туристов, предпочитающих палаточный отдых. Оборудовано туалетом и комнатой отдыха с электросетью;

- Небольшая ферма; На ферме жители поселения производят экологичную продукцию, соответствующую потребностям семей и предназначенную на продажу в поселке.

- Часовня;
- Мед. Пункт;
- Помещение проката снаряжения.

Еще одной особенностью данного проекта является решение по организации жилой функции. На каждом участке располагается 2 дома, один из которых принадлежит местным жителям, второй же является гостевым домом для туристов. Такое решение вызвано стремлением показать отношение местных жителей к традициям, которыми они могут делиться с соседствующими гостями.

В качестве основного материала было выбрано дерево местных пород, как самый доступный, экологичный материал, прекрасно отвечающий принципам органической архитектуры и эко-поселений. В качестве укрывного материала был выбран традиционный в этих краях сланец. В облике каждого проектируемого сооружения были использованы традиционные архитектурные детали деревянного зодчества: ставни, резьба, орнаменты. Это связано с тем, что орнамент как один из древнейших видов прикладного искусства отражает эстетическую сторону культуры страны. Будто генетический код, он демонстрирует становление национального искусства, является отражением поэтического отношения к окружающему миру. Для грузинского орнамента характерны геометрическое разнообразие, растительные и животные мотивы, различная символика, утонченность.

Проектируемый комплекс дополняет и подчеркивает основу проектируемой территории – красоты природной составляющей поселка Мestia и помогает ближе познакомиться с культурой горного народа – сванов. Эко-деревня такого рода – это отличная альтернатива жизни в большом городе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бодэ А.Б. К вопросу о формообразовании в традиционном деревянном зодчестве // Архитектурное формообразование и геометрия. Сборник научных статей. М.: ЛЕНАНД, 2011.
2. Джандиери М.И. Архитектура горных районов Грузии: Хевсуретия, Южная Осетия, Горная Рача и Нижняя Сванетия / М.И. Джандиери, Г.И. Лежава. М.: Гос. архитектурное изд-во, 1940. 107 с.

## АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРИЮТОВ

**А.А. Ладыгина**

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье раскрываются особенности проектирования горных приютов с помощью алгоритмического проектирования и моделирования, описывается концепция авторского алгоритма для хижин, позволяющая в относительно небольшие сроки создавать объем, отвечающий требованиям погодных условий в любой точке и на любой высоте, с минимальной постобработкой объема.*

**Ключевые слова:** архитектура, горные приюты, алгоритмическое проектирование

## ALGORITHMIC MOUNTAIN HUTS DESIGN

**A.A. Ladygina**

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper reveals the features of designing mountain shelters using algorithmic design and modeling, describes the concept of the author's algorithm for huts which allows create a shape in a relatively short time which meets the requirements of weather conditions at any location and at any height with minimal post processing.*

**Keywords:** architecture, mountain huts, algorithmic design

Горные приюты – это автономные горные хижины, соединенные в систему укрытий. Они расположены рядом с туристическими или спортивными тропами и предназначены для укрытия от непогоды туристов, альпинистов, спасателей.

Как архитектурная типология приюты появились из пастушьих хижин, но в отличие от своих прототипов современные приюты – это высокотехнологичные, полностью автономные здания, обеспечивающие комфортное размещение альпинистов. Подобные здания не зависят от градостроительного контекста, выбор объемно-композиционного, плани-

ровочного и конструктивного решения зависит от предназначения объекта (горный приют, база спасателей и т.д.) и контекста местности.

Удаленное расположение от населенных пунктов влияет на инженерное оснащение приютов. Это полностью автономные здания с комплексом инженерного оснащения. Обеспечение водой решают в зависимости от местоположения ближайших источников воды: подземные воды в случае их присутствия и талая или дождевая вода в случае отсутствия первых. Потребность в электроэнергии решается с помощью солнечных батарей. А отходы жизнедеятельности вывозятся доступными способами или утилизируются на месте.

Форма хижин должна быть максимально эргономичной. Влияние на выбор объемного решения оказывают как внешние условия: снеговая и ветровая нагрузка, траектории схода лавинных масс, движения солнца, так и функциональный сценарий здания, архитектурно-планировочное решение. Расположение хижин в труднодоступных местах высокогорья, осложненное ограниченными возможностями доставки материалов к месту строительства, влияют на конструктивные решения здания. В большинстве случаев это легкие деревянные каркасы и металлическая оболочка, создающая герметичную обшивку, способную противостоять порывам ветра, движению лавинных масс и другим агрессивным условиям среды.

Горные приюты – важное звено в цепи типологии горной архитектуры, способствующее освоению труднодоступных территорий и развитию туризма и альпинизма.

Основной целью исследования является создание универсальной модели горного приюта, которая может использоваться в разных географических и климатических условиях, а его задачей – создание модели, которая бы трансформировалась в зависимости от условий рельефа местности. Апробация алгоритма была проведена на примере разработки двух хижин спасателей в горах Верхней Сванетии (озера Корульди, базовый лагерь вершины Тетнульди). Новизна исследования заключается в использовании алгоритмического проектирования и математического моделирования для создания универсальной модели горного приюта.

Для решения поставленной задачи по составлению математической модели была выбрана связка программ: GRASHOPPER+RHINOCEROS. Чтобы создать скрипт, необходимо одновременно учитывать большое количество факторов, влияющих на формообразование.

Создание формы начинается с генерации абриса в проекции ху, на который влияет движение лавинных масс по рельефу. Вся информация по условиям местности берется из приложения FATMAP в картографическом варианте. Алгоритм считывает цвет зоны лавинной опасности (от белого до ярко красного) и принимает оптимальный угол раскрытия. Чем больше лавинная опасность, тем меньше угол, стоящий на пути снегового потока.

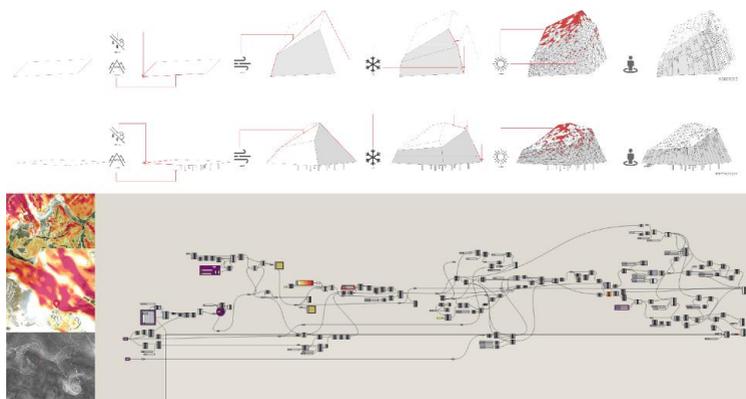
На втором этапе алгоритм считывает рельеф и принимает решение о необходимости опор или их отсутствии. Это зависит от сложности рельефа и высоты снежного покрова в зимнее время на заданном участке.

Следующий шаг – формирование абриса в проекции хz. Оптимальный угол вычисляется путем считывания векторного поля задающего ветровые потоки на данном участке. Форма должна быть обтекаемой, и сконструированной по принципу шлема или спорткара, т.е. ветровой поток накатывает на форму и плавно обтекает ее. Чем сильнее поток, тем более сглажена форма в месте первого соприкосновения с ней.

Четвертым условием является учет снеговой нагрузки. Снег не должен накапливаться на поверхности обшивки. Оптимальный угол наклона граней рассчитывается исходя из количества осадков на участке.

Пятый фактор – это солнечное освещение. Закладываем траекторию движения солнца. Основываясь на этом, алгоритм распределяет солнечные батареи по кровле объема хижины и световые проемы, для достижения оптимальной освещенности помещений.

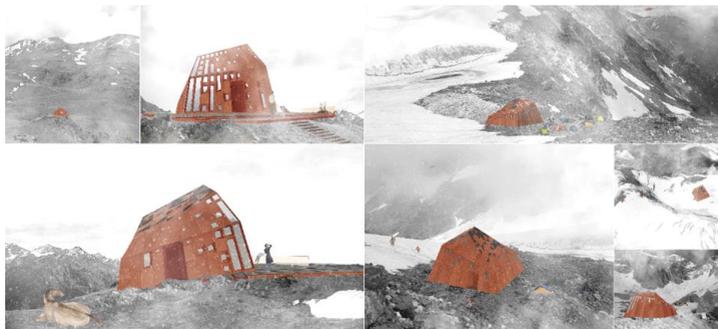
Постпрограммная обработка просчитанного алгоритма объекта включает: создание схемы зонирования помещений, доработка оконных проемов в соответствии с функцией помещений (увеличиваем процент остекления в смотровых для комфортного обзора спасателями трасс и склонов).



**Рис. 1. Генерация формы**

Заключительным этапом создания модели является выбор материалов отделки фасада и мелкая пластика для придания объекту индивидуальных черт. При выборе материалов учитывались три фактора: конструктивные особенности объекта, возможность транспортировки к месту строительства, эстетические характеристики. В данном контексте было

принято решение использовать сталь CORTEN, которая хорошо отвечает как техническим параметрам атмосферостойкости так и эстетическим. Пластика фасадов достигается за счет рам-углублений, обрамляющих окна и стальных панелей на фасадах. Глубина рам варьируется от площади стекла или панели и придает динамики монотонной обшивке.



**Рис. 2. Внешний облик**

Концепция разработанного алгоритма для хижин позволяет в относительно небольшие сроки создавать объект, отвечающий требованиям погодных условий в любой точке и на любой высоте, с минимальной постобработкой объема. Концепция разработанной конструктивной схемы позволяет возводить каркас приюта из местного природного материала, что удешевляет строительство.

Приюты будут служить полностью автономной базой для спасателей и туристов, способствовать развитию альпинизма и горнолыжного спорта в Сванетии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский М.И. Туристические базы. М.: Стройиздат, 1976. 168 с.
2. Нил Берфорд. Самодостаточность и новые устойчивые парадигмы: Автономные альпийские хижины европейских Альп / К. Какалис, И. Муньос, К. Там // Архитектурное планирование и ландшафт.
3. Fallbei spiel Monte Rosa Hütte. URL: [https://www.forum-holzbau.com/pdf/hbt09\\_reusser\\_hansbeat](https://www.forum-holzbau.com/pdf/hbt09_reusser_hansbeat) (дата обращения 15.02.2022).
4. Schwarzenstein Hut / Rifugio Vittorio Veneto al Sasso Nero, Ahrntal / Valle Aurina. URL: [https://www.bergmeister.eu/en/project/schwarzenstein-hut-rifugio-vittorio-veneto-al-sasso-nero\\_214](https://www.bergmeister.eu/en/project/schwarzenstein-hut-rifugio-vittorio-veneto-al-sasso-nero_214) (дата обращения 15.02.2022).
5. Alpine Shelter Skuta / OFIS Architects + АКТ II + Harvard GSD Students. URL: [https://www.archdaily.com/773265/alpine-shelter-skuta-ofis-arhitekti-plus-akt-ii-plus-harvard-gsd-students?ad\\_medium=widget&ad\\_name=recommendation](https://www.archdaily.com/773265/alpine-shelter-skuta-ofis-arhitekti-plus-akt-ii-plus-harvard-gsd-students?ad_medium=widget&ad_name=recommendation) (дата обращения 15.02.2022).

## БИОАДАПТИВНЫЕ ОБОЛОЧКИ В АРХИТЕКТУРЕ

**В.Д. Константинова, Н.В. Хомутова**

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается понятие биологической адаптации и применение ее принципов в архитектуре. Выделяются основные принципы и виды биоадаптивных конструкций.*

**Ключевые слова:** биоадаптивная оболочка, кинетический фасад

## BIOADAPTIVE SHELL IN ARCHITECTURE

**V.D. Konstantinova, N.V. Khomutova**

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines the concept of biological adaptation and the application of its principles in architecture, highlights the basic principles and types of bioadaptive structures.*

**Keywords:** bioadaptive shell, kinetic facade

Биологическая адаптация – способность системы приспосабливаться к изменениям окружающей среды. Адаптация живых организмов – умение эффективно принимать, преобразовывать и накапливать солнечный свет, воду, энергию. В противоположность живой природе здание статично. Попытки улучшить энергоэффективность объектов строительства привели к альтернативному вдохновленному природой направлению в проектировании. Биоадаптивная архитектура – направление суть которого заключается в приспособляемости ограждающих конструкций к внешним изменениям. Его основа лежит в изучении природных структур с целью формирования концептуальных решений в архитектуре. Наиболее известный пример деформации в природе – открытие и закрытие еловых шишек, как реакция на изменение влажности воздуха. Исследователи

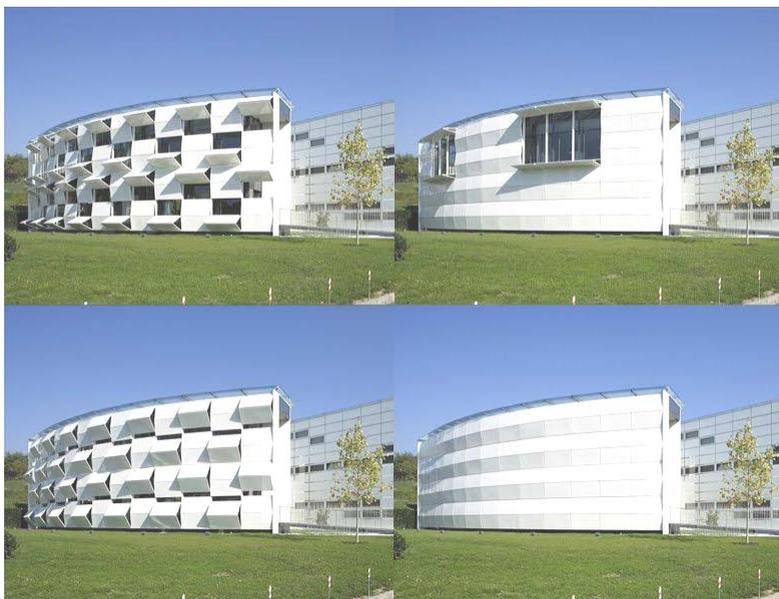
S. Reichert, A. Menges и D. Corcea в 2014 году заимствовали это явление и применили его в разработке инновационного фасада. Данный подход, названный Meteorosensitive Architecture, предполагает применение упругой деформации древесины в фасадной системе, которая реагирует на влажность. Материал может быть «запрограммирован» для реагирования на преобладающие условия окружающей среды различными способами. С помощью современных технологий строительства, инноваций в сфере строительных материалов и фасадных компонентов возможна разработка новых типов фасадов, способных реагировать на изменения окружающей среды. Применяя принципы функционирования живых организмов в архитектуре, можно качественно улучшить условия жизнедеятельности (регулировать температурный и влажностный режимы, создавать необходимую вентиляцию, поддерживать идеальный микроклимат в любое время года независимо от климатических условий), а также создать ключевой компонент для развития экологичного строительного сектора.

#### *Принципы биоадаптивных конструкций*

Биоадаптивный фасад – «динамичный фасад». С инженерной точки зрения кинетический фасад представляет собой облицовку здания, которая находится в постоянном движении под действием сил природы или с помощью механики. С точки зрения архитектуры – это постоянно меняющаяся конфигурация фасада, взаимодействующая с окружающей средой, а также статичные конструкции и решения, являющиеся формообразующими элементами (например, крыши, покрытые солнечными панелями). Строительные оболочки (ограждающие конструкции), обладающие этим свойством, способны самостоятельно реагировать на изменения внешних условий, в частности: скорость и направление ветра, солнечное излучение, осадки, температуру воздуха и т. д. Таким образом удаётся сократить энергопотребление по сравнению с традиционными статичными зданиями, так как ценные источники энергии будут эффективно использоваться только тогда, когда они действительно необходимы. Такие фасады играют роль климатического посредника между требованиями комфорта и условиями окружающей среды и могут быть спроектированы непосредственно под конкретного пользователя [3].

#### *Основные виды биоадаптивных фасадов*

1. Динамические фасады представляют собой совокупность подвижных частей сооружения. Эти элементы могут приводиться в действие, как автоматизированным способом, ориентируясь на сенсоры, реагирующие на время суток и дату, погоду, так и вручную. Работа такого фасада контролирует микроклимат в помещениях, как охлаждение в теплое время года, так и теплоизоляцию при отрицательных температурах [2]. Пример на рис. 1.



**Рис. 1. Выставочный павильон Kiefer Technic от Ernst Gieselbrecht + Partner. Штайермарк, Австрия**

2. Хромогенные фасады. Включает в себя несколько видов, таких как: жидкокристаллическое, электрохромное и термохромное остекление. Суть данного остекления заключается в том, что элемент меняет степень своей прозрачности, теплопроводности и коэффициент пропускания света в зависимости от различных факторов: напряжение, пропускаемое через элемент (электрохромное), температура (термохромное), яркость и освещенность (жидкокристаллическое).

3. Солнцезависимые фасады. Данный вид зависит от непосредственного контакта с солнечным светом. Существуют такие разновидности, как: с фотоэлектрическими панелями (солнечные батареи), биоклиматические фасады (с внешним озеленением), светоконцентрирующие фасады (сбор солнечного света для освещения помещений), двустенные фасады.

4. Активные вентилируемые фасады. Данный вид осуществляет контроль циркуляции воздуха в здании, путем распределения воздушного потока внутри полостей фасадных элементов, а также управление поступающим в здание воздухом путем автоматизированного управления стеклянными элементами здания (открытие и закрытие вентиляционных окон). Пример на рис. 2.



**Рис. 2. Муниципальное здание с вентилируемым PV-фасадом в Испании**

Главные преимущества адаптивных фасадов:

- комфорт посетителей, получаемый путем улучшения внутреннего пространства здания (микроклиматические условия, благоприятные визуальные и акустические характеристики);
- современный и уникальный внешний вид зданий;
- сокращение вредных выбросов в атмосферу от переработки основных источников электроэнергии;

В настоящее время растет интерес к применению адаптивных фасадных систем, которые отвечают всем вышеперечисленным потребностям. Биоадаптивная архитектура – развивающаяся отрасль. Для того чтобы достичь ее повсеместного применения и влиять на эффективность жизнедеятельности, необходимо установить более основательный, систематичный и рациональный «переходный» процесс от природы к ограждающим конструкциям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Badarnah L.* Towards the LIVING Envelope: Biomimetics for Building Envelope Adaptation: PhD Thesis. Delft University of Technology, 2013.
2. Динамические фасады - технология, которая себя не оправдала // Archidizain.ru: архитектура и дизайн. URL: [archidizain.ru/2019/05/blog-post\\_85.html](http://archidizain.ru/2019/05/blog-post_85.html) (дата обращения 17.02.2022).
3. Кинетический фасад - живая архитектура. База Фасада URL: <https://bazafasada.ru/fasad-zdaniy/kineticheskij-fasad.html> (дата обращения 20.02.22).
4. Умные дома без электроники, кинетическая архитектура и живые здания. Habr. URL: <https://habr.com/company/mailru/blog/406733/> (дата обращения 20.02.22).

## ИСТОРИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ НАРОДА СВАНЕТИИ В АРХИТЕКТУРЕ

**Е.П. Кириллова, Н.В. Хомутова**

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, канд. архитектуры,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье исследуются особенности исторической архитектуры региона, подход к проектированию поселений Верхней Сванетии, Грузия.*

***Ключевые слова:** историческое наследие, туризм, Грузия, Сванетия, архитектура, жилищная архитектура, историческая среда*

## HISTORICAL HERITAGE OF THE PEOPLE OF SVANETIA IN ARCHITECTURE

**E.P. Kirillova, N.V. Khomutova**

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article explores the features of the historical architecture of the region, the approach to designing settlements in Upper Svaneti, Georgia.*

***Keywords:** historical heritage, tourism, Georgia, architecture, residential architecture, historical environment*

Грузия всегда являлась страной с богатой историей и архитектурой. Народ ценит и восхищается своими древними традициями не только в строительстве, но и в культуре в целом. Благодаря бережному отношению многие древние здания и сооружения сохранились до наших дней и приобрели мировое значение.

Каждый регион Грузии имеет свою индивидуальность, отличительные особенности. В этой статье речь пойдёт об одном из самых древних и удалённых регионов Грузии – Сванетии. Этот район делится на две части - Верхняя Сванетия (Земо - Сванети) и Нижняя Сванетия (Квемо - Сванети).

Верхняя Сванетия, как и многие другие регионы этой удивительной страны, известна своими памятниками архитектуры и живописными пейзажами. Возраст древнейших построек насчитывает более десяти столетий. Гордостью Верхней Сванетии являются раннесредневековые церкви, самые древние из которых, относятся к VIII веку и родовые оборонительные башни (самой старой около 700 лет).

С древности народ здесь занимался созданием живописных изделий из бронзы, золота, меди. Сванские кузнецы, и резчики по дереву, и каменотесы создавали хозяйственный инвентарь, посуду из меди, серебра, глины и дерева. Сваны сами делали порох, добывали и плавил свинец, производили грубое сукно и продавали его в Имерети.

В древности сваны были язычниками и поклонялись Богу Солнца. В I веке в Грузию пришло православие, но священники вплоть до XIX века в этих краях были редкостью. При этом в сванских общинах строили невероятное количество церквей. Согласно историческим документам в одной только Местийской общине было построено от 20 до 60 маленьких церквей.

Церкви Верхней Сванетии по своей архитектуре сильно отличаются от храмов в других областях Грузии. Они наделены чертами суровой сванской архитектуры, и построены по распространенному в средневековой Европе, но редкому в Грузии – базиликальному типу. Все церкви, как правило, состоят из одного помещения, заканчивающегося полуциркулярной апсидой, которая во внешнем объеме здания не всегда выражена. Часто с одной, двух, реже трех сторон к храму пристроены приделы. Начало строительства храмов в Сванетии приходится на VIII век (большинство уцелевших церквей относятся к X–XII векам). Площадь церквей вместе с алтарем очень мала, не превышает 20 квадратных метров, а иногда и гораздо меньше. Все дело в материале из которого возводилась церковь. Как правило храмы возводили из пиленного водяного туфа «ширими». Из него же выпиливались орнаменты и украшения стен.

Местные церкви не имели пышных богослужений. Храмы отличала особая строгость: внутрь некоторых, особо почитаемых церквей входили редко, а женщины в некоторые церкви и вовсе не допускались. У каждого клана в Сванетии была своя «домовая» церковь, возле которой располагались фамильные захоронения.

Пик строительства в Сванетии приходится примерно на XI–XII века, Золотой век Грузии. В этот период общество делилось на родовые общины. К сожалению, воевать им приходилось не только с иноземными захватчиками, но и друг с другом. Поэтому при первом взгляде древние сванские поселения похожи на массивные оборонительные крепости с башнями, которые несли не только сторожевую функцию, но и являлись символом статуса конкретной фамилии.

У каждого клана в общине обязательно был свой комплекс построек для жилья, обороны и наблюдения. Количество башен, принадлежавших членам одной фамилии при этом, зависело от величины клана, его достатка и статусности. В качестве основного материала использовался камень.

Раньше сванские семьи состояли из 30 и более человек. Один клан это до 30 домов и до 200-300 родственников. Сваны славились своей воинственностью, но при этом они никогда не нападали с целью захвата чужой территории, а только защищали свои земли от внешнего врага.

Родовая усадьба сванов представляла собой сложный комплекс помещений с жилой и хозяйственной функцией на разных этажах. Жилая постройка являлась основной и представляла собой дом-крепость, высотой 8-12 метров. Как правило, это были двухэтажные дома больших размеров, с небольшим количеством окон или практически без них (что было вызвано необходимостью сохранения тепла в доме). Рядом строилась высокая башня (высотой примерно 20-25 метров), сужающаяся кверху. Благодаря своему массивному основанию, башни могли выдержать и землетрясение, и сход лавины. В каждой башне было около 4-5 этажей. С основной усадьбой она соединялась, как правило, деревянным переходом. В верхнем ярусе башни располагались несколько небольших окон-бойниц. Самой молодой башне насчитывается не менее двухсот лет. Сложно представить себе Сванские деревни без узнаваемого силуэта башен, они стали визитной карточкой этого региона.

Известный английский исследователь Фрешфильд в своих трудах в 1880 году насчитал в Местии семьдесят башен, в Ушгули около пятидесяти. На сегодняшний день их сохранилось меньше половины. Раньше, и башни и дома в Сванетии штукатурили, что придавало им легкий оттенок охры.

Весь архитектурный замысел сванской деревни был основан, на создании сложной разно уровневой и максимально плотной застройки в пределах земли одного клана, прорезанной минимальным количеством узких запутанных улочек размеченных высокими башнями, это позволяло обеспечить в случае необходимости наибольшую безопасность членам своей семьи.

Деревни состояли из двухэтажных жилых домов – мачуби. Зимы в горах суровые, поэтому домашние животные жили вместе с людьми под одной крышей в одном помещении. Первый этаж отводился для основного проживания семьи и домашнего скота и назывался дарбази, здесь располагался очаг, на втором этаже размещался сеновал, его использовали в качестве летнего жилья. При входе в жилище располагался коридор, откуда внутрь жилья, как правило, вели два или три входа (отдельный для животных и людей). Отсюда произошла сванская поговорка «Женщины

налево, коровы направо». Отапливался дом очагом по-черному, на нем и готовили еду, сушили одежду и запасы на зиму. Дом и хозяйственный двор окружали стеной (высотой до 3 метров), что превращало его в своеобразную крепость.

Древняя архитектура Сванетии занимает большое место в историческом наследии Грузии. Планировочные решения всех сооружений берут свое начало у истоков старинных традиций и обычаев, которыми богата сванская земля. Благодаря своей уникальности, архитектура этого региона гармонично вписывается в горный ландшафт и окружающую среду. Каждый турист, посещающий эту местность становится желанным гостем в каждом доме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лежава И.Г.* Архитектура Сванетии / И.Г. Лежава, М.И. Джандиери. М.: Изд-во Всесоюзной Академии Архитектуры, 1938. 76 с.
2. *Лежава И.Г.* Архитектура горных районов Грузии / И.Г. Лежава М.: Гос. арх. изд-во Академии архитектуры СССР, 1940. 108 с.

## **БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ**

**А.И. Барабанщикова, С.В. Расторгуев**

Научный руководитель – **С.В. Расторгуев**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются исследования и разработки в области бионики в архитектуре XXв, основные приемы бионической архитектуры, выявлена необходимость ее развития.*

***Ключевые слова:** бионика, органи-тек, фрактал*

## **BIONICS IN ARCHITECTURE**

**A.I. Barabanshchikova, S.V. Rastorguev**

Scientific Supervisor – **S.V. Rastorguev**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses research and development in the field of bionics in the architecture of the XX century, the main techniques of bionic architecture, and identifies the prospect of its development.*

***Keywords:** bionics, organi-tech, fractal*

Бионика в переводе с греческого языка означает «элемент жизни». Она послужила основой названия направления в науке, занимающегося изучением возможности использования в технике определенных биологических систем и процессов.

В архитектуре бионика относительно новая наука, несмотря на то что во все времена существовала преемственность природных форм в архитектуре, созданной человеком [5]. Она помогает человеку проектировать, используя идеи и образы, заимствованные у природы. З.С. Нагаева и А.А. Голикова в своей статье «Бионическая архитектура» пишут: «Архитектурно-бионическая практика породила новые необычные архитектурные формы, целесообразные в функционально-утилитарном отношении и оригинальные по своим эстетическим качествам» [5]. К бионической архитектуре нельзя относить просто повторение или воспроизве-

дение природных форм. Помимо этого, к ней еще относится исследование процессов, существующих в природе, стратегий и моделей, помогающих разрабатывать новые решения для человеческих проблем и дальнейшее использование их в строительстве.

Основоположниками бионической архитектуры стали Фрэнк Ллойд Райт и Антонио Гауди. Одним из первых советских исследователей стал Ю.С. Лебедев. В своей статье *об использовании принципов бионики в городах будущего* он пишет о конструктивно-технической особенностях, существующих в природе и о том, как можно применить их в современном строительстве.

Одно из его исследований — это выявление природных стоечных, балочных системы и рам. Это могут быть стволы деревьев и их ветви, стебли растений, скелеты позвоночных и т.д. Изучение конструктивной структуры стволов деревьев или позвоночника помогло в создании пружинящей конструктивной основы высотных сооружений. Такая система подходит зданиям, которые имеют относительно маленькую площадь опирания и находятся в ветряных местностях. Такую систему использовал Фрей Отто в модели колокольни.

Следующее исследование заключается в наблюдении формообразования вертикальных форм. На основе этого был выявлен закон статичного конуса, или конуса гравитации. Примером конуса гравитации могут быть тот же ствол дерева, горные образования, куча песка и т.д. А в архитектуре это Эйфелевая башня в Париже, Шуховская радиобашня.

Широкое распространение в природе имеют **плоские и пространственно-изогнутые ребристые, сетчатые, перекрестные конструкции**. Примером тому могут служить пленки листа дерева, где ребра (прожилки) несут основную несущую функцию (П.Л. Нерви: плоское покрытие фабрики Гатти в Риме).

Природа **создает вантовые и стержне-вантовые системы** (костно-мышечная система животных, паутина, состоящая из сложных поверхностей вращения, и т.д.)

Дальше природа создает закономерность повторяемости элементов, например пчелиные соты, имеющие форму правильного шестиугольника. В этом случае на строительство сот затрачивается меньше энергии и строительного материала. Закономерность повторяемости стандартных элементов природы плодотворно используется в строительстве куполов (работы М. С. Туполева, Б. Фуллера, Ф. Отто, Р. Ле Риколе, Г. Гюншеля, Шанеака и т. д.)

Далее Лебедев в своей статье говорит об экологической основе формообразования, о средствах регуляции температурно-влажностного режима и инсоляции, аналогичные средствам, созданным живой природой, т.е. о том, как можно приспособиться к тому или иному климату.

Здесь можно рассказать об освоении растениями большего количества солнечных лучей в средних или северных районах. Отсюда возникают различные системы расположения листьев: спиральная, мутовчатая, супротивная и т. д. В этой части большое внимание уделяется анализу авторегуляции форм в живой природе, изменению расположения в пространстве элементов растений в зависимости от действия солнечной инсоляции, температуры и влажности.

Из мировой практики можно привести в пример Эйфелеву башню, которая была построена по модели бедренной кости человека, что дало ей стойкость и прочность. А в торговом центре Eastgate, в Хараре, Зимбабве архитектор Марк Пирс использовал вентиляционную систему по подобию вентиляционных систем в жилищах термитов, способную сохранять температуру воздуха постоянной.

Про бионику пишет в своей статье «Новая парадигма в архитектуре» Чарльз Дженкс и называет ее органи-тек. Здесь можно уже рассуждать о воспроизведении природных образов в архитектурных сооружениях. Органи-тек прослеживается в работах архитекторов Фрэнка Ллойда Райта, по словам которого архитектурное сооружение должно быть похоже на живой организм, который растет в соответствии с законами природы, в гармонии с окружающей средой. Это единство искусства, науки и религии он назвал органической архитектурой; Хьюго Хэринга, пытавшегося воспроизвести природные формы. Сантьяго Калатрава проектирует выразительные скелетные формы, а Николас Гримшоу проектирует «Эдем» в виде купольных пузырчатых форм. Два проекта Нормана Фостера один для мэрии Лондона, другой для нового музыкального центра в Ньюкастле напоминают с виду капли.

Еще одно направление в сторону бионической архитектуры – это фрактальная или параметрическая архитектура. Примеров фракталов в природе существует множество, это и кроны деревьев, спираль ДНК, листья папоротника, ветка удара молнии и т.д. Параметрическую архитектуру трактуют как архитектуру будущего. Вводятся новые живые (динамичные, адаптивные, изменяемые) геометрические объекты параметризма – сплайны, волны, шишки. Принципом фрактальности пользуются Даниэль Либескинд, ARM, Morphosis, Заха Хадид.

Изучение законов природы помогает найти ключ к пониманию гармонии в архитектуре. Использование в строительстве форм живой природы, конструктивных особенностей и систем вполне оправдано. Таким образом архитекторы пытаются создать комфортное пространство для жизнедеятельности человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лебедев Ю.С.* Бионика и город будущего // Город и время: сборник статей / Е. Беляева, М. Витвицкий, Э. Гольдзамт и др. М.: Стройиздат, 1973. 302 с.
2. *Дженкс Ч.* Новая парадигма в архитектуре. URL: [http://arttobuild.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=142&Itemid=60](http://arttobuild.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=142&Itemid=60) (дата обращения 11.03.2022).
3. Основные направления развития современной архитектурной бионики. URL: <https://michael101063.livejournal.com/1451044.html> (дата обращения 11.03.2022).
4. О фрактальности жизни и жизненности фракталов. URL: [https://elementy.ru/genbio/synopsis/23/Fraktalnye\\_struktury\\_zhivogo\\_i\\_evolyutsionnyu\\_protssess](https://elementy.ru/genbio/synopsis/23/Fraktalnye_struktury_zhivogo_i_evolyutsionnyu_protssess) (дата обращения 12.03.2022).
5. *Нагаева З.С.* Бионическая архитектура / З.С. Нагаева, А.А. Голикова // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 17. С. 7-11.

# СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

УДК 621.9.08

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ

**Р.С. Горшков**

Научный руководитель – **Н.И. Кулева**, преподаватель

Вологодский государственный университет

*Для обеспечения качества производимых машин необходимо обеспечить точность формы поверхностей составляющих их деталей. В данной статье рассмотрен метод контроля отклонения от плоскостности. Приведены результаты измерения данного параметра с помощью координатно-измерительной машины и зависимость его значения от количества точек, использованных для исследования.*

**Ключевые слова:** координатно-измерительная машина (КИМ), отклонение от плоскостности, методы измерения

## INVESTIGATION OF THE PROCESS OF MEASURING THE DEFLECTION FROM FLATNESS

**R.S. Gorshkov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kuleva**, Lecturer

Vologda State University

*To ensure the quality of manufactured machines, it is necessary to ensure the accuracy of the shape of the surfaces of their constituent parts. This article discusses a method for controlling deviation from flatness. The results of measuring this parameter using a coordinate measuring machine and the dependence of its value on the number of points used for the study are presented.*

**Keywords:** coordinate measuring machine (CMM), flatness deviation, measurement methods

Для обеспечения качества производимых деталей, узлов машин необходимо обеспечивать точность формы их поверхностей, в частности, плоскостность. Согласно ГОСТ 24642-83, отклонение от плоскостности –

это наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости [1-3].

Данный параметр нормируют и подвергают контролю, как правило, в случаях, если плоскости влияют на герметичность узлов, воспринимают большие нагрузки или значительно влияют на точность базирования изделий [4-5].

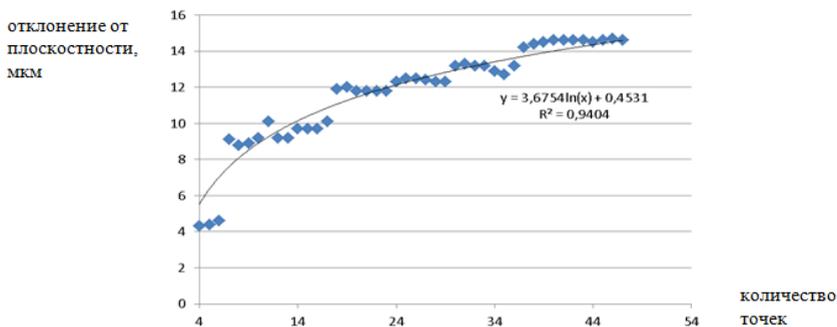
Одним из средств контроля отклонения от плоскостности является координатно-измерительная машина [1].

Измерение отклонения от плоскостности на координатно-измерительной машине Aberlink Axiom too осуществляется следующим образом:

1. Подготовка: запуск КИМ, калибровка, выбор щупа.
2. Установка детали на столе с помощью приспособлений.
3. Открыть окно измерения плоскости и осуществлять её измерение касанием щупа КИМ. После измерения четырех точек программа сможет рассчитать значение отклонения от плоскостности для данной плоскости и будет пересчитывать его с каждой последующей точкой.

В данной работе приведены результаты измерения отклонения от плоскостности поверхности детали Переходник и записаны значения данного показателя при различном количестве измеряемых точек: от 4 до 50 (рис. 1).

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что данная зависимость наиболее близка к логарифмической и имеет тенденцию к ухудшению значения. Наблюдающиеся скачки на диаграмме говорят о дефектах поверхности в конкретных точках. Чем большее количество точек используется при измерении и чем большую поверхность они охватывают, тем более реалистичную картину можно получить.



**Рис. 1. Зависимость отклонения от плоскостности от количества измеренных точек**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кулева Н.И.* Основы выбора объектов контроля на координатно-измерительной машине Aberlink axiom too / Н.И. Кулева, А.В. Старостин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 142-144.
2. *Сигов А.Н.* Методика и результаты исследования размерной точности и относительной плотности образцов из композиционных материалов при проведении лабораторных работ / А.Н. Сигов, А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 282-291.
3. Studying of the properties of composite materials (powder mixtures) during complex laboratory work / V. Brish, A. Sigov, A. Starostin et al. // Advances in Economics, Business and Management Research: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction” (ISPCBC 2019), Pskov, May 21–23 2019. Pskov: Atlantis Press, 2019. P. 642-645.
4. Методика и результаты исследования свойств композиционных материалов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2019. № 1(3). С. 8-11.
5. Исследование погрешности измерения приборов, применяемых для контроля параметров колец подшипников качения, с целью аттестации приборов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности: материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Архангельск, 25–28 марта 2018 года. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2018. С. 84-91.

## **ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.С. Жаднова, С.А. Соловьёва**

Научный руководитель – **С.А. Соловьёва**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассмотрено понятие интегрированной системы менеджмента. Определены основные особенности внедрения интегрированной системы менеджмента на предприятиях нефтяной промышленности.*

***Ключевые слова:** интегрированная система менеджмента, внедрение, нефтяная промышленность*

## **IMPLEMENTATION FEATURES OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISES OF THE PETROLEUM INDUSTRY**

**A.S. Zhadnova, S.A. Solovyeva**

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the concept of an integrated management system. The main implementation features of integrated management system at the enterprises of the petroleum industry are determined.*

***Keywords:** integrated management system, implementation, petroleum industry*

В настоящее время внедрение интегрированной системы менеджмента (далее ИСМ) является неотъемлемо важной составляющей успешного функционирования любой организации.

Интерес к внедрению ИСМ обусловлен прежде всего постоянным совершенствованием работы предприятия, наилучшим управлением рис-

ками, с которыми сталкивается организация, выходом на международный рынок, повышением конкурентоспособности организации.

Под ИСМ следует понимать часть системы общего менеджмента, отвечающая требованиям двух или более международных стандартов на системы менеджмента качества и функционирующая как единое целое [1].

Основной целью внедрения ИСМ на предприятии является обеспечение единой политики организации, развитие производственно-технического потенциала, оптимальное использование ресурсов, общая система подготовки и развития персонала [2].

Нефтяная промышленность является не просто единым процессом – это совокупность самостоятельных процессов, связанных с жизненным циклом продукции. Каждый из данных этапов должен четко отслеживаться и контролироваться [3].

В связи с тем, что нефтяная промышленность является достаточно опасной для жизни и здоровья людей, для окружающей среды, предприятиям необходимо четко соблюдать все меры безопасности, минимизировать риски пагубного воздействия нефтепродуктов, выпускаемых на предприятии.

Для этого организациям целесообразно, осознавая свою ответственность перед потребителями нефтепродуктов и другими заинтересованными сторонами, строить свою деятельность на [4]:

- удовлетворении требований и ожиданий, связанных с качеством продукции и услуг, защитой окружающей среды и охраны труда и профессиональной безопасности;

- неукоснительном соблюдении законодательных и нормативных требований в отношении защиты окружающей среды, охраны труда и профессиональной безопасности;

- предотвращении загрязнения окружающей среды, охраны труда и профессиональной безопасности;

- постоянном улучшении менеджмента качества, экологии, охраны труда и профессиональной безопасности;

- регулярном информировании персонала и заинтересованных сторон о результатах работ относительно качества, экологии, охраны труда и профессиональной безопасности.

Главным инструментом реализации вышеуказанной политики предприятия, как правило, является ИСМ, отвечающая требованиям следующих международных стандартов [4]:

- ISO 9001:2015 Системы менеджмента качества. Требования;

- ISO 45001:2020 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению.

– ISO 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению;

– ISO/TS 29001-2007 Менеджмент организации. Требования к системам менеджмента качества организаций, поставляющих продукцию и предоставляющих услуги в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности.

Для снижения издержек и повышения уровня эффективности деятельности, предприятия нефтяной промышленности могут объединять требования и принципы разнообразных систем менеджмента, то есть создавать ИСМ.

ИСМ на предприятии в нефтяной промышленности, как правило, состоит из следующих систем управления:

- система менеджмента качества;
- система экологического менеджмента;
- система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья.

Сплоченная работа данных систем в виде единого процесса на предприятии в нефтяной промышленности позволяет:

- упорядочить нормативную документацию;
- снизить финансовые затраты;
- ориентироваться на требования потребителя;
- обеспечить стабильность выпускаемой продукции, отвечающей требованиям законодательства и нормативной документации;
- обеспечить безопасность труда для персонала и лиц, работающих в интересах организации;
- снизить негативное воздействие на окружающую среду.

В России стандарт ГОСТ Р ИСО/ТУ 29001-2007 является основой для создания СМК для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности, способствует сокращению количества сертификационных аудитов и является необходимым инструментом для контроля качества на всех этапах деятельности организации.

Рассмотрим особенности внедрения ИСМ согласно данному стандарту.

Первым этапом внедрения ИСМ является изучение потребности в изменениях, оценка целесообразности внедрения ИСМ.

Следующим этапом является создание рабочей группы на предприятии, а также определение ответственного лица за внедрение ИСМ.

Третьим этапом является внешний аудит. Аудит позволяет определить насколько проверяемая организация соответствует требованиям международных стандартов.

Следующим этапом является обучение персонала новым методам работы с ИСМ. При определении потребностей в обучении необходимо

организовать обучение по системе менеджмента качества и профессиональное обучение персонала. Организации требуется установить частоту проведения обучения.

Организация должна обеспечить обучение персонала по месту работы, включая личный состав и персонал, работающий по договорам, по любому новому и/или измененному виду работ, влияющему на качество продукции.

Организация должна установить процесс измерения степени информированности персонала об актуальности и важности его деятельности и вкладе в достижение целей в области качества.

Следующий этап внедрения ИСМ на предприятии нефтяной отрасли – это разработка нормативной документации по ИСМ (положения о подразделениях, СТО, РК, РИ, СОП и т.д.).

Еще один этап – проведение внутреннего аудита в организации.

Необходимо отметить, что внутренние аудиты должны планироваться и проводиться персоналом, независимым от лиц, непосредственно выполняющих или контролирующих деятельность, по которой проводится аудит. Внутренний аудит следует проводить не реже одного раза в год.

Последним этапом является проведение сертификации ИСМ.

Таким образом, внедрение ИСМ на предприятиях нефтяной промышленности позволяет получить множество преимуществ и в целом обеспечивает построение эффективной системы управления качеством в нефтегазовом секторе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латишин В.С.* Роль интегрированной системы менеджмента в формировании системы менеджмента устойчивого развития // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». 2016. С. 230-234.
2. *Мирошниченко М.А.* Внедрение интегрированной системы менеджмента. Путь к совершенствованию стратегического управления компанией // Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». 2010. С. 96-102.
3. *Скифская А.Л.* Система управления качеством на предприятиях нефтяной и газовой отрасли // Инновации и инвестиции. 2021. № 2. С. 69-71.
4. *Буньковский Д.В.* Создание интегрированной системы менеджмента как инновационный проект на нефтехимическом предприятии // Менеджмент организации. 2014. С. 145-148.

УДК: 006.86

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ**

**Н.А. Костенко, Д.И. Казюлина**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Разработана методика испытаний, позволяющая оценить прочность литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты. Введен показатель разрушения  $P_r$ . Проведены предварительные испытания, свидетельствующие о неравномерном разрушении образцов литейного кокса различных партий.*

**Ключевые слова:** *испытания, литейный кокс, методика испытаний, механическая прочность*

## **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE STRENGTH OF FOUNDRY COKE IN THE PROCESS OF LOADING THE METAL PART OF THE CHARGE**

**N.A. Kostenko, D.I. Kazyulina**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A test procedure has been developed that makes it possible to evaluate the strength of foundry coke in the process of loading the metal part of the charge into the cupola. Introduced destruction index  $P_r$ . Preliminary tests have been carried out, which testify to the uneven destruction of samples of foundry coke from different batches.*

**Keywords:** *tests, foundry coke, test procedure, mechanical strength*

Прочность литейного кокса является одним из ключевых свойств, определяющих его качество [1, 2]. Существует три стандартных метода оценки механической прочности литейного кокса.

Стандартный метод определения прочности при комплексном нагружении установлен в ГОСТ 5953-2020 [3].

Проба массой 50 кг помещается в цилиндрический стальной барабан длиной 1 м и диаметром 1 м. Затем барабан вращается со скоростью 25 оборотов в минуту до достижения 100 полных оборотов. После этого пробу выгружают, рассеивают (методом ручной сортировки или механического просеивания) и определяют гранулометрический состав.

Показатель  $M_{40}$  представляет собой процентное содержание испытуемой пробы, оставшейся на (или над) контрольном сите с размером отверстий 40 мм, а показатель  $M_{10}$  - процентное содержание испытуемой пробы, прошедшее через контрольное сито с размером отверстий 10 мм. Оно состоит из массы фракций менее 10 мм и присоединенной к ней массы потерь в том случае, если они не больше, чем допускается.

Исходя из условий испытаний, литейный кокс подвергается большому количеству соударений, падению с высоты не более 1 метра (диаметр барабана), а также истиранию при соприкосновении с другими кусками кокса. Т.е. данные испытания имитируют загрузку литейного кокса в вагранку.

Метод определения прочности на сбрасывание установлен в ГОСТ 28946-2020 (ISO 616:1995) [4]. Для определения прочности кокса на сбрасывание из партии отбирают пробу с размером кусков 50 мм и более. После определения гранулометрического состава пробы, ее помещают в ящик, после чего ящик поднимают на высоту 1830 мм и открывают. Проба кокса падает на стальную плиту. Операцию повторяют еще три раза. После проведения испытаний литейный кокс просеивается на комплекте сит с квадратными отверстиями. По результатам испытаний определяют индексы сбрасывания, а также среднюю величину кусков до и после испытаний.

Прочность кокса при высоких температурах в соответствии с ГОСТ 32248–2013 [5] и ГОСТ Р 54250–2010 [6] определяют после реакции пробы с двуокисью углерода. Прореагировавший кокс помещается в барабан длиной 700 мм и диаметром 130 мм. Барабан с пробой делает 600 оборотов за 30 мин, после чего проба извлекается и определяется ее гранулометрический состав.

В процессе загрузки вагранки литейный кокс испытывает ударные нагрузки, что приводит к изменению его дренажной способности. Один из видов ударных воздействий обусловлен загрузкой металлической части шихты. В металлическую шихту может входить чушки чугуна, стальной и чугунный лом, вторичные металлы. Размеры лома не должны превышать 250x200x100 мм, а вес не более 35 кг. Вторичные материалы рекомендуется делить на части, не превышающие одной трети диаметра вагранки, при этом максимально допустимый вес – 50 кг. При подготовке

шихты рекомендуется чушки чугуна делить на 2-3 части, лом разбивать на куски, не превышающие 10-15 кг. Высота падения металлической части шихты не должна превышать 1,2 м [7, 8].

Соответственно не существует метода испытаний имитирующего условия, в которых находится литейный кокс в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты.

С целью имитации условий, в которых находится литейный кокс в процессе загрузки металлической части шихты в вагранку, а также исследования его разрушения и изменения гранулометрического состава при падении на него отдельных частей металлической шихты, был разработан метод испытаний.

Для определения прочности литейного кокса и изменения его гранулометрического состава при загрузке в вагранку металлической части шихты был разработан метод испытаний, заключающийся в сбрасывании на неподвижно закрепленный образец литейного кокса груза массой от 5 до 30 кг с высоты от 400 до 1600 мм. Массу образца определяют до и после испытаний, а также гранулометрический состав. Для оценки прочности литейного кокса при загрузке в вагранку был введен показатель  $P_p$ , который определяется по формуле (%)

$$P_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $P_p$  – показатель разрушения литейного кокса при загрузке вагранки, %;

$m_1$  – контейнера с образцом до испытаний, г;

$m_2$  – контейнера с образцом после испытаний, г;

$m_3$  – масса контейнера, г.

Гранулометрический состав определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 5954.1-91.

Погрешность измерения показателя прочности  $P_p$  рассчитывается в соответствии с МИ 2083-90 [9]. Точность определения гранулометрического состава обеспечивается соблюдением методики, установленной в ГОСТ 5954.1-91 [14]. Результаты предварительных испытаний представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты пробной серии испытаний при массе груза 10 кг и 20 кг и высоте падения 400 мм**

Класс крупности, мм	№ партии	Масса груза, кг	
		10	20
		Показатель разрушения $P_p$ , %	
60-80	1	0,16	0,32
	2	0,38	0,32
80 и более	1	0,092	0,02
	2	0,13	0,16

Полученные результаты свидетельствуют о том, что литейный кокс различных партий разрушается неодинаково. Степень разрушения литейного кокса партии 1 в среднем приблизительно в 3 раза меньше степени разрушения литейного кокса партии 2.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванова В.А.* Влияние свойств литейного кокса на его разрушение при транспортировании / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Химия твердого топлива. 2020. – № 2. С. 66-70.
2. *Иванова В.А.* Систематизация свойств и параметров литейного кокса. Часть 2. Физические свойства / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Черные металлы. 2019. № 10(1054). С. 33-37.
3. ГОСТ 5953-2020 (ISO 556:1980) Кокс с размером кусков 20 мм и более. Определение механической прочности. М.: ИПК Издательство стандартов, 2020. 12 с.
4. ГОСТ 28946-2020 (ISO 616:1995). Кокс каменноугольный. Метод определения прочности на сбрасывание. М.: Издательство стандартов, 2020. 9 с.
5. ГОСТ 32248-2013. Кокс каменноугольный с размером кусков 20 мм и более. Определение прочности после реакции с двуокисью углерода. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с.
6. ГОСТ Р 54250-2010 (ИСО 18894:2006). Кокс. Определение реакционной способности (CRI) и прочности кокса после реакции (CRS). М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
7. *Чернышов Е.А.* Плавильные печи литейных цехов. Часть 1. Вагранка: учеб. пособие / Е.А. Чернышов. Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. 196 с.
8. Ваграночный процесс плавки чугуна: учебное пособие / В.И. Матюхин, В.В. Мадисон, В.Б. Польш, С.В. Брусницын, И.А. Вайс. Екатеринбург: Уральский гос. техн. ун-т - УПИ, 2003. 158 с.
9. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. М.: Издательство стандартов, 1991. 10 с.
10. ГОСТ 5954.1-2020 (ISO 728:1995). Кокс. Ситовый анализ класса крупности 20 мм и более. М.: Издательство стандартов, 2020. 11 с.

**РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА  
В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ В ВАГРАНКУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ  
ЧАСТИ ШИХТЫ**

**О.Н. Кочурова, Д.И. Казюлина**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Разработана испытательная установка, предназначенная для оценки прочности литейного кокса. Установка позволяет исследовать разрушение литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты массой от 5 до 30 кг с высоты от 400 до 1600 мм.*

**Ключевые слова:** испытательная установка, литейный кокс, прочность, испытания

**DEVELOPMENT OF A TEST INSTALLATION  
FOR EVALUATION OF THE STRENGTH OF FOUNDRY COKE  
IN THE PROCESS OF LOADING THE METAL PART  
OF THE CHARGE**

**O.N. Kochurova, D.I. Kazyulina**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A test facility has been developed for evaluating the strength of foundry coke. The installation allows to investigate the destruction of foundry coke in the process of loading into the cupola the metal part of the charge weighing from 5 to 30 kg from a height of 400 to 1600 mm.*

**Keywords:** testing facility, foundry coke, strength, tests

Литейный кокс используется как топливо для плавки чугуна в вагранке. Качество литейного кокса определяет не только качество конеч-

ного продукта – серого чугуна, но и качество протекания процесса плавки и ее энергоэффективность [1, 2].

В процессе загрузки вагранки литейный кокс испытывает ударные нагрузки, что приводит к изменению его дренажной способности. Для оценки соответствия существующих методов испытаний реальным условиям загрузки вагранки был проведен анализ механических нагрузок [3, 4].

Можно выделить два вида ударных нагрузок. В первом случае нагрузки возникают при падении литейного кокса в шахту вагранки. В установленном режиме работы уровень рабочей колоши стараются поддерживать на расстоянии 1,5-2 м от загрузочного окна [5–7].

Второй вид ударных воздействий обусловлен загрузкой металлической части шихты. В металлическую шихту может входить чушки чугуна, стальной и чугунный лом, вторичные металлы. Размеры лома не должны превышать 250x200x100 мм, а вес не более 35 кг. Вторичные материалы рекомендуется делить на части, не превышающие одной трети диаметра вагранки, при этом максимально допустимый вес – 50 кг. При подготовке шихты рекомендуется чушки чугуна делить на 2-3 части, лом разбивать на куски, не превышающие 10-15 кг. Высота падения металлической части шихты не должна превышать 1,2 м [5–7].

С целью имитации условий, в которых находится литейный кокс в процессе загрузки металлической части шихты в вагранку, а также исследования его разрушения и изменения гранулометрического состава при падении на него отдельных частей металлической шихты, была разработана экспериментальная установка (рис. 1).

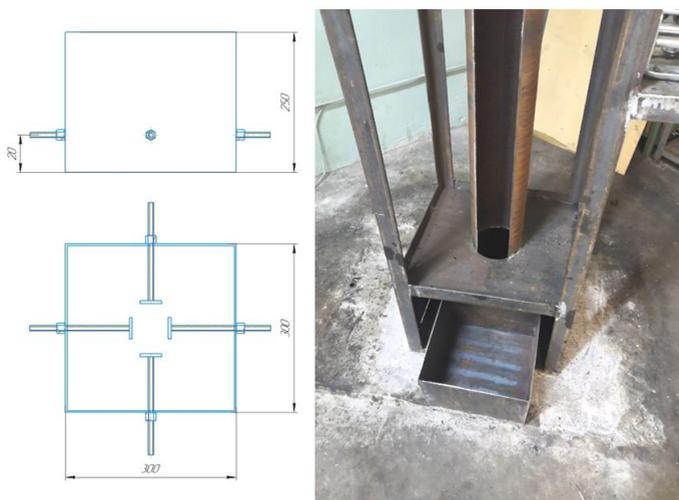


**Рис. 1. Схема испытательной установки для оценки прочности литейного кокса**

Разработанная установка состоит из трех узлов: узла крепления образца кокса, узла перемещения груза и узла закрепления груза.

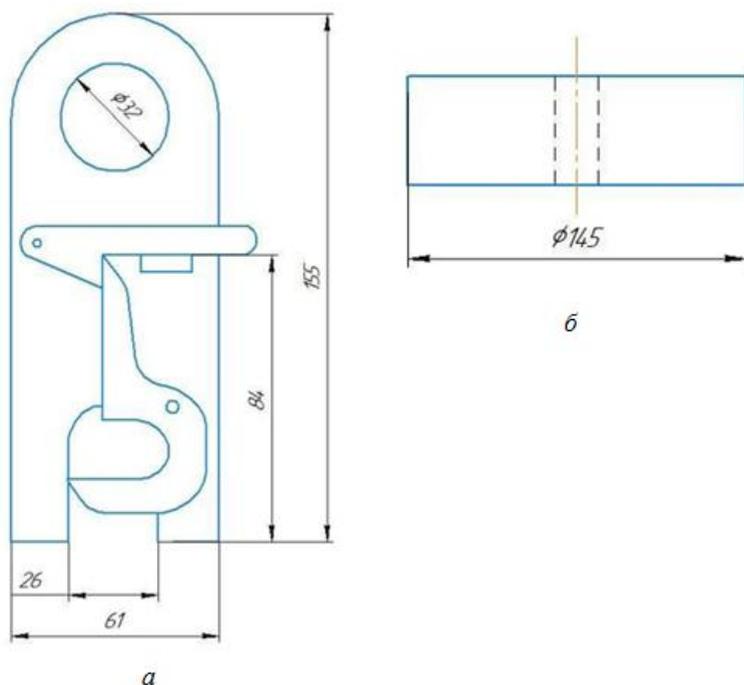
Узел 2 представляет собой стальную трубу с внутренним диаметром 150 мм, закреплённую на раме с помощью двух стальных листов. Высота трубы составляет 2 м, выбрана она таким образом, чтобы иметь возможность регулировать высоту падения груза, поскольку при загрузке в вагранку возможно отличие высоты падения металлической части шихты от установленных технологией значений. По всей длине трубы сделан вырез шириной 30 мм, позволяющий устанавливать высоту падения груза. Листы, соединяющие трубу в верхней и нижней части имеют отверстия, совпадающие с диаметром трубы, что позволяет грузу беспрепятственно перемещаться при входе и выходе из трубы.

Узел 1 состоит из прямоугольной рамы, размерами 300x500x500 мм. С трех сторон рама закрыта экранами в целях безопасности, что так же препятствует вылету мелких кусков литейного кокса, образовавшихся в результате удара. Внутри рамы помещается стальной ящик с размерами 300x300x300 мм. Размеры ящика выбраны таким образом, чтобы внутри было возможно закрепить как небольшие куски литейного кокса (40-60 мм), так и крупные, размер которых может превышать 150 мм. Внутри ящика предусмотрен крепежный механизм, с четырех сторон закрепляющий образец литейного кокса (рис. 2). Данное крепление имитирует неподвижное положение одного куска в насыпной массе литейного кокса.



**Рис. 2. Ящик, предназначенный для закрепления образцов литейного кокса**

Узел 3 представляет собой шестеренчатую лебедку с металлическим тросом длиной 5 м и диаметром 3 мм. Лебедка закрепляется на высоте 1,4 м от уровня пола, так, чтобы при использовании не вызывать затруднений у оператора. Трос лебедки через систему блоков подведен к отверстию трубы в верхней ее части. На конце троса располагается крепежный механизм, предназначенный для удержания грузов (рис. 3, *а*). Грузы представляют собой стальные цилиндры диаметром 145 мм, высотой 40 см (рис. 3, *б*). Шесть грузов, каждый из них массой по 5 кг, набираются на стальной стержень, что позволяет изменять суммарную массу падающего груза в диапазоне от 5 до 30 кг. Система открывания крепежного механизма подведена к лебедке для удобства сбрасывания груза.



**Рис. 3:** *а* – система крепления груза; *б* – груз

Разработанная испытательная установка позволит не только оценить прочность литейного кокса, но и исследовать механизмы разрушения литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванова В.А.* Оптимизация показателей качества литейного кокса на основе стандартизации / В.А. Иванова, К.Н. Вдовин, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Стандарты и качество. 2017. № 2. С. 40-46.
2. *Иванова В.А.* Установление требований потребителей к качеству литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Избранные научные труды пятнадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 10-11 марта 2016 года. М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2016. С. 173-176. .
3. ГОСТ 28946-2020 (ISO 616:1995). Кокс каменноугольный. Метод определения прочности на сбрасывание. М.: Издательство стандартов, 2020. 9 с.
4. ГОСТ 5953-2020 (ISO 556:1980) Кокс с размером кусков 20 мм и более. Определение механической прочности. М.: Издательство стандартов, 2020. 12 с.
5. *Чернышов Е.А.* Плавилисьные печи литейных цехов. Часть 1. Вагранка: учеб. пособие / Е.А. Чернышов. Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. 196 с.
6. Ваграночный процесс плавки чугуна: учебное пособие / В.И. Матюхин, В.В. Мадисон, В.Б. Поль, С.В. Брусницын, И.А. Вайс. Екатеринбург: Уральский гос. техн. ун-т - УПИ», 2003. 158 с.
7. *Нефедов П.Я.* Качество и эффективность использования литейного кокса в вагранках / П.Я. Нефедов, В.М. Страхов // Кокс и химия. 2003. № 7. С. 16-26.

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**В.А. Крылова, А.П. Чирков**

Научный руководитель – **А.П. Чирков**, д-р. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается понятие и роль метрологического обеспечения в современном производстве. Показано, что основной функцией метрологического обеспечения является осуществление точности измерений и решение задач выявления и оценки влияния различных факторов, определяющих погрешность измерений и обеспечивающих повышение качества продукции и её конкурентоспособность.*

***Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, стандартизация, метрология, конкурентоспособность продукции, менеджмент качества*

## **METROLOGICAL SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

**V.A. Krylova, A.P. Chirkov**

Scientific Supervisor – **A.P. Chirkov**, Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The concept and role of metrological support in modern production is considered. It is shown that the main function of metrological support is the implementation of measurement accuracy and solving the problems of identifying and evaluating the influence of various factors that determine the measurement error and ensure the improvement of product quality and its competitiveness.*

***Keywords:** metrological support, standardization, metrology, product competitiveness, quality management*

Актуальность проблем метрологического обеспечения технологических процессов определяется тем, что правильность измерения геометрических и физических параметров изготовленных деталей (таких как

точность размеров, допуски формы и расположения элементов, шероховатость поверхности и др.) играют важную роль в современном производстве, определяя уровень его развития, качество выпускаемой продукции и, как следствие, повышение её конкурентоспособности, а вместе с нею и рыночную устойчивость компании. Особое внимание при этом уделяется метрологической экспертизе технологической и конструкторской документации, изучению вопросов рационального выбора и способов использования средств измерений и контроля геометрических и физических параметров изделий [1].

Для проверки соответствия качественных характеристик выпускаемой продукции установленным техническими регламентами требованиям, и для контроля технологических процессов её производства, в настоящее время используется технологическая измерительная информация. Следовательно, эффективность решений по контролю и управлению процессами изготовления продукции зависит от качества проводимых внутритехнологических измерений.

Конкурентоспособность производимой продукции на мировом рынке, а также обеспечение и поддержание необходимого уровня её качества, сегодня невозможны не только без метрологического контроля входных и выходных параметров технологических процессов, но и без внутритехнологических измерений и систематического метрологического мониторинга технологических процессов. Это неизбежно связано с проведением большого количества разнообразных измерений.

Специалист, занимающийся вопросами метрологического обеспечения технологического процесса, должен решать задачи организации разнообразных измерений, обработки и представления результатов таких измерений в соответствии с принципами метрологии и действующими нормативными документами в области метрологического обеспечения. При этом метрологическое обеспечение производства, основанное на практическом применении положений принципов метрологии, является неотъемлемой частью современной системы менеджмента качества, которая выступает одним из наиболее важных факторов для достижения требуемого уровня качества выпускаемой предприятием продукции [3].

Метрологическим обеспечением называют систематизированный, строго определенный набор средств и методов контроля параметров изделий и процессов их изготовления, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки технических и управленческих решений по приведению объекта управления в целевое состояние [4].

Все российские национальные и межгосударственные стандарты по метрологическому обеспечению имеют шифр ГСИ – Государственная

система обеспечения единства измерений – представляют собой комплекс нормативных документов, включающих в себя государственные стандарты, технические регламенты и другие нормативные документы, определяющие порядок передачи размера единиц величин на всю территорию России и порядок проведения технических испытаний, поверки и калибровки средств измерений. Эти стандарты выпускаются под серией «8», например ГОСТ Р 8.820-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения».

В настоящее время в Российской Федерации в области метрологического обеспечения технологических процессов действуют 26 национальных и пять межгосударственных стандартов.

Метрологическое обеспечение измерений в технологических процессах проводится с целью создания необходимых условий для получения достоверной измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми и достаточными для выработки конкретных управленческих и технологических решений как в областях деятельности, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы в рамках компетенций компаний в области метрологии. В любых областях науки и техники, где проводятся измерения, цели могут несколько отличаться друг от друга, но необходимость измерений результатов производства с требуемой точностью останется незаменимой.

Стандарты и технические регламенты в области метрологического обеспечения устанавливают необходимые к соблюдению положения метрологического обеспечения измерений, выполняемых при разработке, производстве, испытаниях и эксплуатации продукции, в научных исследованиях и при осуществлении других видов работ и оказании услуг как в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы, отнесённой к компетенциям компании в области метрологии.

Основным государственным документом в России, относящимся к метрологическому обеспечению, является Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [4]. В соответствии с этим нормативным документом в настоящее время используются следующие признаки классификации метрологического обеспечения объектов:

- 1) по типу деятельности;
- 2) по сфере деятельности;
- 3) по характеру;
- 4) по организационной форме.

Из этого следует, что решение проблем, связанных с идентификацией и оценкой влияния различных факторов, определяющих погрешность измерений, является основой метрологического обеспечения и осуществления точности измерений.

При разработке метрологического обеспечения необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении метрологического обеспечения как совокупности взаимосвязанных, взаимозависимых и взаимоопределяющих процессов, объединенных одной целью – достижение требуемых качества (точности) измерений.

В 70-80-х гг. XX века был достаточно подробно разработан подход к метрологическому обеспечению социалистического производства. Для того времени он являлся тем рамочным инструментом, который обеспечивал применяемой системой метрологического измерения получение достаточного для того времени качества выпускаемой продукции. Однако этот подход и эти концепции, практически в неизменном виде применяются и сегодня, не претерпев значительных изменений в силу различных факторов. То есть применяемым принципиальным организационным инструментам метрологии сегодня более пятидесяти лет, что явно говорит об устаревании таких важных для обеспечения качества продукции принципиальных подходов.

В результате метрологическое обеспечение в настоящее время и для других системных условий организации и экономики производства, мягко говоря, не соответствует современным требованиям в этой области. В связи с этим на большом количестве отечественных предприятий практически не внедрены современные системы управления качеством, основанные на статистических методах управления процессами и точности проводимых измерений как готовых изделий, так и технологических процессов их изготовления. Без квалифицированных кадров в области метрологии и в отсутствие современных цифровых средств точных и надежных измерений внедрение таких современных систем управления качеством технологических процессов, незавершенного производства и готовых изделий, не представляется возможным.

Указанные проблемы устаревания организационной базы метрологического обеспечения технологических процессов, являются ограничивающими факторами для технического, технологического и организационного развития предприятий, повышения престижности их продукции и обеспечения её конкурентоспособности, а представленная ситуация устаревания принципиальной базы метрологического обеспечения, безусловно, не соответствует современным требованиям к организации производства и нуждается в скорейшей трансформации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метрологическое обеспечение и автоматизация измерений и контроля в машиностроении: Учебник / В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич и др. Псков: Псковский гос. ун-т, 2016. 200 с.
2. *Жирнова Е.А.* Менеджмент качества: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2014. 144 с.
3. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
4. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 11.06.2008 № 102-ФЗ (с изменениями на 11 июня 2021 года) (редакция, действующая с 28 декабря 2021 года) // Справочно-правовая система «Консультант-Плюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 01.03.2022).

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**М.С. Кузнецов, А.А. Беспалова, А.Н. Попков**

Научный руководитель – **А.Н. Попков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматриваются предложения по проведению анализа состояния метрологического обеспечения предприятий и варианты методик его оценки в трех основных направлениях.*

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, уровень, анализ и оценка состояния метрологического обеспечения

## **ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE STATE OF METROLOGICAL SUPPORT AT THE ENTERPRISES**

**M.S. Kuznetsov, A.A. Bespalova, A.N. Popkov**

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

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses proposals for analyzing the state of metrological support of enterprises and options for methods of its assessment in three main directions.*

**Keywords:** metrological support, level, analysis and evaluation of the state of metrological support

Любое современное производство, независимо от его специализации, неразрывно связано с измерениями, которым подвергаются как режимы технологических процессов, так и параметры продукции на всех этапах жизненного цикла. По результатам выполненных измерений делают выводы о состоянии исследуемых объектов и соответствии их заданным требованиям.

За обеспечение необходимого качества измерений несёт ответственность метрологическая служба организации, поскольку любое изме-

рение входит в комплекс работ по метрологическому обеспечению (МО) производства.

Цель МО состоит в том, чтобы создать условия получения измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми и достаточными для выработки решений по управлению качеством продукции и параметрами технологических процессов при разработке, производстве, испытаниях и эксплуатации продукции. [1].

Анализ состояния метрологического обеспечения не входит в число процессов, влияющих на качество измерительной информации. Однако, он является необходимым элементом деятельности метрологической службы, так как на основании результатов анализа, разрабатываются проекты повышения уровня метрологического обеспечения и совершенствования системы управления метрологическим обеспечением, а также вносятся предложения к планам и программам развития производства и совершенствования управления им.

Такой анализ и оценка состояния МО не только позволит повысить уровень МО и совершенствовать систему управления МО предприятия, но и позволит повысить уровень доверия к достоверности информации о контроле качества выпускаемой продукции, т. е. повысить конкурентоспособность предприятия.

Анализ и оценка состояния МО предприятий, выпускающих материальную продукцию, потенциально может быть произведена с помощью различных групп показателей, наиболее важными из которых являются – экономические, управленческие и технические.

В ГОСТ Р 8.892-2015 «ГСИ. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. Анализ состояния на предприятии, в организации, объединении» применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Состояние метрологического обеспечения** - совокупность значней характеристик метрологического обеспечения объекта, отражающая степень достижения заданного уровня метрологического обеспечения объекта.

**Анализ состояния метрологического обеспечения объекта** – способ исследования свойств метрологического обеспечения (МО) объекта с целью выработки решений, направленных на поддержания или повышения уровня МО.

**Уровень метрологического обеспечения объекта** - совокупность установленных требований к метрологическому обеспечению объекта, выполнение которых необходимо для удовлетворения потребности в информации, получаемой посредством измерений, испытаний и контроля.

В ГОСТ Р 8.892-2015 указывается, что в процессе анализа состояния МО на предприятиях устанавливаются объекты и характеристики состояния МО, подлежащие анализу и формируются требования к харак-

теристикам МО. На наш взгляд, устанавливать характеристики состояния МО, а тем более формировать требования к характеристикам состояния МО необходимо на основании априорной информации, полученной по результатам аналитических и экспериментальных исследований состояния МО на типовых предприятиях до проведения аналогичных обследований. Данное предложение связано с тем, что характеристики состояния МО и требования к ним должны быть определены и понятны как проверяющим организациям, так и рабочим группам метрологических служб самих предприятий.

Проверяющим организациям (например, ведомственным) должно быть понятно «образцовое» состояние МО предприятий, необходимое для удовлетворения потребностей отрасли.

Обследуемому предприятию номенклатура установленных характеристик и требований к ним позволит совершенствовать состояния МО, путем проведения самостоятельного анализа и оценки состояния МО предприятия с дальнейшей разработкой предложений для принятия предупредяющих и корректирующих решений.

Анализ состояния метрологического обеспечения предприятия в соответствии с ГОСТ Р 8.892-2015 выполняется в трех основных направлениях: анализ организационной составляющей метрологического обеспечения; анализ технической составляющей системы метрологического обеспечения; анализ методической составляющей метрологического обеспечения.

Таким образом, чтобы получить объективную оценку состояния МО какого-либо предприятия, это состояние можно охарактеризовать как совокупность состояний технической составляющей системы МО (объектов) и методической составляющей МО (процессами) под управлением организационной составляющей МО.

Под объектами МО, в нашем случае, следует понимать средства измерений и контроля, испытательное оборудование, применяемое на данном предприятии. Говоря об анализе состояния МО объектов, в нашем случае, средств измерений, их можно охарактеризовать таким важнейшим эксплуатационным показателем качества технического объекта как надежность. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств [2]. Комплексным показателем надежности объекта предлагаем использовать коэффициент готовности  $K_g$  – вероятность того, что изделие окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых перерывов в его работе (плановое техническое обслуживание, перерывы между рабочими сменами).

К методической составляющей следует отнести весь перечень методик измерений применяемых на предприятии. В качестве показателя точности методики измерений могут быть использованы характеристики погрешности измерений в соответствии с [3], показатели неопределенности измерений в соответствии с [4], показатели точности по ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Целью анализа является получение заключения о приемлемости измерительного процесса при изготовлении продукции заданного качества. Анализ измерительных процессов проводят на основании статистических исследований, заключающихся в многократном измерении параметров качества изделия различными операторами. Надёжность процесса измерения может быть качественно охарактеризована его устойчивостью и стабильностью.

Анализ организационной составляющей метрологического обеспечения проводится на соответствие способности организационной структуры метрологической службы предприятия выполнять заданные функции, связанные с обеспечением единства измерений. Оценка этой составляющей носит субъективный характер, поэтому предлагаем использовать для её оценки вербально-числовые шкалы, в частности, шкалу желательности Харрингтона. Введение шкалы желательности позволяет свести исходную многокритериальную задачу принятия решения с разноразмерными критериями к многокритериальной задаче с критериями, измеряемыми в одной и той же шкале, в частности, с помощью балльной оценки. Оценить степень согласованности мнений всех исследователей предлагаем с помощью коэффициента конкордации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.820-2013 ГСИ. Метрологическое обеспечение. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2019.
2. ГОСТ 27.002-2015 НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016.
3. Рекомендации по метрологии МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. М., 2004. 50 с.
4. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений". Минск: Издательство стандартов, 2003. 20 с.

## СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Д.А. Муратов**

Научный руководитель – **И.И. Ведерникова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина

*Рассматриваются способы контроля сварных соединений в авиационной промышленности*

**Ключевые слова:** *методы разрушающего контроля, радиационный контроль, акустический контроль, внешний осмотр*

## METHODS OF QUALITY CONTROL OF WELDED JOINTS OF THE AVIATION INDUSTRY

**D.A. Muratov**

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

Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin

*The methods of control of welded joints in the aviation industry are considered*

**Keywords:** *methods of destructive testing, radiation control, acoustic control, external inspection*

Методы контроля подразделяются на два типа: разрушающие и неразрушающие. К разрушающим можно отнести испытания сварных образцов-свидетелей. Такие изделия свариваются на тех же самых режимах резания, как и основные изделия. Однако получить полные данные о качестве сварки детали на основе испытаний образцов-свидетелей нельзя. При применении разрушающих методов контроля проводятся механические испытания (на изгиб, хрупкость, усталостные испытания), химический анализ, коррозионные испытания, металлографический контроль. При таких испытаниях исследованию могут подвергаться как сварные

соединения в целом, так и отдельные части данного сварного шва. Также при механических испытаниях возможно обнаружение внутренних дефектов: поры, раковины, непропои, непровары, трещины, свищи.

Недостатком разрушающего контроля является его высокая стоимость, практическую невозможность их осуществления без нарушения целостности конструкции, а также контроля их изготовления. Сварные изделия в авиационной промышленности должны подвергаться жесткому контролю, так как они являются особо ответственными, и не могут эксплуатироваться без достаточной проверки. Для таких конструкций применяются методы неразрушающего контроля.

Они могут включать в себя: контроль параметров режимов сварки, измерения на жесткость, твердость, химический анализ, а также дефектоскопию.

Кроме сварного шва, контролю также подвергаются основной металл, сварочный материал, технология, по которой происходит процесс сварки, а также состояние сварочного оборудования.

Значительное время должно быть выделено контролю параметров режимов сварки. При обеспечении автоматического контроля и управления параметрами сварки (силой тока, скоростью сварки, температурой), стабильность процесса, надежность сварного соединения в разы повышается.

Виды контроля сварных соединений, применяемых в авиапромышленности, весьма разнообразны, в соответствии с ГОСТ 3242-79. К ним относятся внешний техосмотр, контроль радиационный, акустический, капиллярный, магнитный и др. Герметические испытания, сжатые воздухом, течеискатели применяются для проверки герметичности и прочности сварных соединений.

Особенность конструкции, возможности метода контроля, допустимый уровень дефектности, это те показатели, при которых конструктор назначает методы контроля. Конструктор, проектирующий сварные соединения, должен думать об обеспечении надлежащего контроля на всех этапах создания конструкции.

Внешний осмотр. При применении оптических средств (луп, микроскопов и т.п.) такой метод следует называть визуально-оптическим.

Внешнему и визуально-оптическому контролю подвергаются почти все сварные соединения. Этот метод прост, однако, позволяет обнаружить различные внешние дефекты: раковины, свищи, подрезы, поры, трещины, неравномерности шва и т.п.

Радиационный контроль. Такой контроль проводится на основе проникающего излучения. В качестве таких излучений могут применяться устройства, где происходит торможение частиц, вызывающих рентгеновское излучение большой проникающей способности. Такими устрой-

ствами являются рентгеновские аппараты, позволяющие получить тор-мозное излучение.

При радиационном контроле применяются три основных метода выявления дефектов:

1. радиографический;
2. радиоскопический;
3. радиометрический.

Акустический контроль. С помощью такого контроля могут выявляться многие дефекты: пустоты, трещины, поры, непропаи, расслоения. Данный метод основан на изменении характера распространения волн (звуковых и ультразвуковых) в сварных швах.

Акустический метод выявления дефектов делится на эхоимпульсивный, теневой, зеркально-теневой, метод свободных колебаний, резонансный, велосимметрический

Магнитный контроль. Данный контроль для выявления дефектов подразделяется на несколько методов: магнитопорошковым, магнитографическим, магнитоферрозоиловым, индукционным.

При данных методах распределение силовых магнитных линий в случае намагничивания каким-либо образом сварных деталей изменятся в месте дефекта.

Капиллярный контроль. Данный метод применяется для выявления внешних дефектов: трещин, свищей, расслоений. К такому методу относится люминесцентный, цветной метод (метод красок).

Контроль течением. Назначением данного метода является определение герметичности конструкции сварного соединения. Требования метода различны и отличаются степенью утечки в единицу времени.

Таким образом, способы контроля качества контроля сварных соединений в авиационной промышленности весьма разнообразны. Чтобы правильно выбрать какой тип контроля, требуется определить конфигурацию детали, ее местонахождение, технические требования детали, условиями, в которых работает эта деталь.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сварка в самолетостроении / Г.А. Кривов, В.Р. Рябов, А.А. Ищенко, Р.В. Мельников, А.Г. Чаюн. Киев: Изд-во МИИВЦ, 1998. 695 с.
2. *Фетисов Г.П.* Сварка и пайка в авиационной промышленности. М.: Машиностроение, 1983. 216 с.
3. *Рязанцев В.И.* Контроль качества сварных точечных соединений из алюминиевого сплава 1420 / В.И. Рязанцев, В.А. Федосеев, Н.Ф. Будайлов // Сварочное производство. 1981. № 4. С.32-33.

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КООРДИНАТНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

**М.Н. Старостина**

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

Вологодский государственный университет

*В статье рассматривается вопрос применения координатно-измерительных машин (КИМ): проанализированы области применения четырех основных типовых конструкций КИМ – портальной, мостовой, стоечной и КИМ типа «рука».*

**Ключевые слова:** координатно-измерительная машина (КИМ), контроль отклонений формы, контроль взаимного расположения поверхностей

## **ON THE QUESTION OF THE APPLICATION OF COORDINATE MEASURING MACHINES**

**M.N. Starostina**

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

Vologda State University

*The article deals with the issue of the use of coordinate measuring machines (CMM): the areas of application of four main typical CMM designs are analyzed - portal, bridge, rack and CMM of the "arm" type.*

**Keywords:** coordinate measuring machine (CMM), control of form deviations, control of relative positions of surfaces

В условиях рыночной экономики вопрос контроля качества продукции машиностроительной отрасли и любой другой является особо актуальным, поскольку постоянно происходит её совершенствование, возрастают требования к точности и производительности. Кроме того, контроль отклонений формы и расположения поверхностей деталей

представляет собой сложность и требует специализированного оборудования.

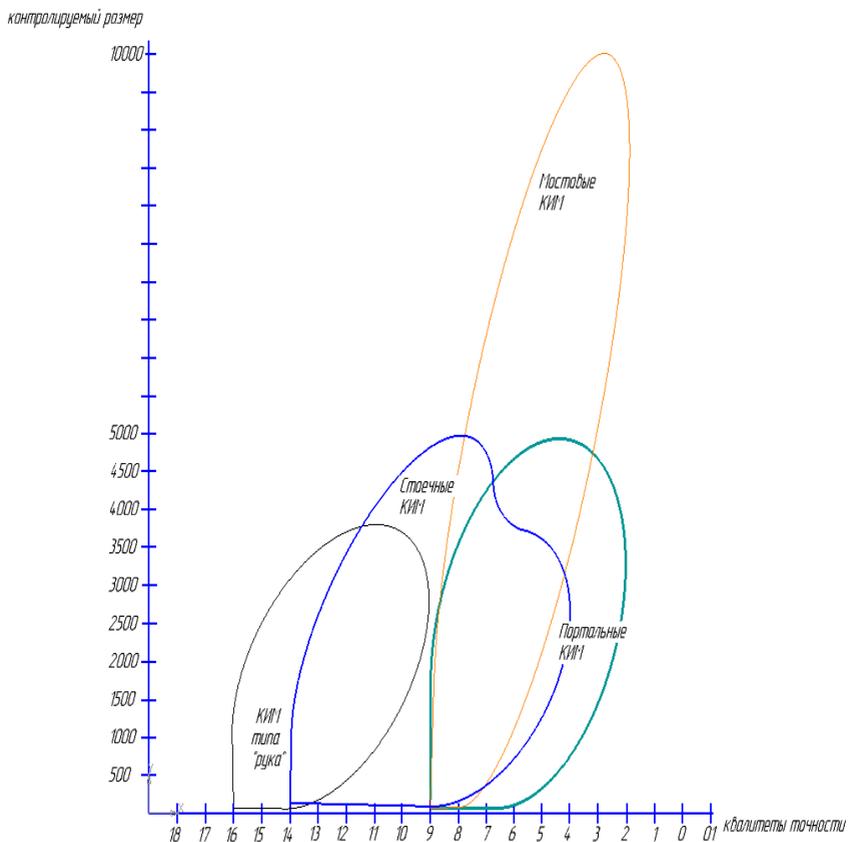
В связи с этим возрастает роль координатно-измерительных машин (КИМ) – средств измерений, погрешность измерения которых на порядок ниже допустимой погрешности при изготовлении изделий. КИМ позволяют производить контроль высокоточных и сложных деталей с достаточной скоростью и точностью, а значит – появляется возможность обеспечить требуемый уровень потребительских свойств (качества) выпускаемой продукции. Кроме того, они предоставляют возможность автоматизировать процесс измерения и обработки результатов этих измерений [1-3].

Она достаточно универсальна, имеет высокую точность, позволяет контролировать детали сложной конструкции, труднодоступные объекты, а также отклонения формы и расположения поверхностей.

Принцип работы данной машины заключается в измерении значений координат точек, принадлежащих поверхности детали, аппроксимации полученных данных и нахождении необходимых геометрических параметров [4, 5].

К основным типовым конструкциям КИМ относятся порталная, мостовая и стоечная конструкции. Существуют также портативные КИМ типа «рука», консольные, порталные КИМ с подвижным столом. Портальная компоновка КИМ является наиболее распространенной, поскольку отличается более высокой жесткостью и, следовательно, точностью.

Область применения различных типов КИМ ориентировочно можно представить в виде рисунка 1. Мостовые конструкции КИМ применяются, как правило, для контроля крупногабаритных деталей (до 10 000 мм) высокой точности – 2-9 квалитеты точности. Портальные КИМ также обладают высокой точностью, но применяются для контроля объектов средних и малых габаритов. Стоечные КИМ обладают меньшей точностью и применяются для контроля 4-14 квалитета точности объектов средних габаритов. Портативные КИМ типа «рука» – наименее точные из существующих конструкций КИМ с диапазоном измерений до 3,7 м. Эксплуатация стоечных и портативных КИМ может осуществляться в производственном цехе. Следует отметить, что в пределах каждого типа рассмотренных конструкций существует множество разновидностей координатно-измерительных машин с определенными характеристиками в пределах, указанных на схеме.



**Рис. 1. Область применения различных типов КИМ**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулева Н.И. Место квалитологии в системе менеджмента качества машиностроительных предприятий / Н.И. Кулева, А.С. Степанов, А.В. Старостин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2021. № 3(13). С. 59-62.
2. Кулева Н.И. Основы выбора объектов контроля на координатно-измерительной машине Aberlink axiom too / Н.И. Кулева, А.В. Старостин // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года. Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2020. С. 142-144.

3. *Сигов А.Н.* Методика и результаты исследования размерной точности и относительной плотности образцов из композиционных материалов при проведении лабораторных работ / А.Н. Сигов, А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года. Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2020. С. 282-291.
4. Studying of the properties of composite materials (powder mixtures) during complex laboratory work / V. Brish, A. Sigov, A. Starostin et al. // *Advances in Economics, Business and Management Research: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction” (ISPCBC 2019)*, Pskov, May 21–23 2019. Pskov: Atlantis Press, 2019. P. 642-645.
5. Методика и результаты исследования свойств композиционных материалов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // *Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки.* 2019. № 1(3). С. 8-11.

## **ВЫБОР ОТСЕЧКИ ШАГА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ**

**Е.А. Устинова**

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

Вологодский государственный университет

*В статье рассматривается вопрос выбора отсечки шага при измерении шероховатости поверхности. Если на чертеже указана базовая длина, то отсечка шага выбирается равной базовой длине. В случаях, когда не обозначена базовая длина или поверхность измеряется впервые, стоит следовать правилам, рассмотренным в данной статье.*

***Ключевые слова:** шероховатость поверхности, отсечка шага, базовая длина*

## **CUT-OFF SELECTION FOR MEASURING SURFACE ROUGHNESS**

**E.A. Usitinova**

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

Vologda State University

*The article deals with the issue of choosing a step cutoff when measuring surface roughness. If the base length is indicated on the drawing, then the step cutoff is chosen equal to the base length. Where no reference length is specified or the surface is being measured for the first time, the rules discussed in this article must be followed.*

***Keywords:** surface roughness, pitch cutoff, base length*

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Шероховатость относится к погрешностям микрогеометрии и определяет очень важные эксплуатационные свойства изделия: прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, износостойкость от истирания, внешний вид.

Отсечка шага – это инструментальный эквивалент метрологической базовой длины, которая, в свою очередь, является физической длиной поверхности [1].

Отсечка шага является номинальным параметром, выраженным в миллиметрах и характеризующим длину волны электрического / цифрового фильтров, которая ослабляется, чтобы выделить профиль шероховатости (или волнистости) [2-4].

Отсечка шага является синонимом базовой длины, в пределах которой собираются данные для расчета параметров шероховатости.

В случаях, когда на чертеже указана базовая длина, то отсечка шага  $\lambda_s$  выбирается равной базовой длине. Если базовая длина не указана на чертеже или поверхность измеряется впервые, необходимо следовать правилам, приведенным ниже [5].

Для поверхностей, которые имеют случайный профиль, характерна большая неоднородность. Это поверхности, полученные финишными методами обработки (шлифование, полирование, доводка и т.д.). Для подобных поверхностей должна соблюдаться следующая процедура измерений:

1. Оцениваем значение параметра шероховатости  $R_a$  или  $R_z$  неизвестной поверхности с помощью образцов шероховатости сравнения или графического анализа профиля.

2. Таблицы 1 и 2 приводят значение базовой длины для интервалов значений  $R_a$ ,  $R_z$  согласно ИСО 4288:1996. Выбираем по таблицам ИСО 4288:1996 базовую длину в соответствии с оценкой значений параметра, полученного в п. 1.

3. Используя измерительный прибор, проводим измерение выбранного параметра с использованием базовой длины, определенной в п. 2.

**Таблица 1. Значение базовой длины для интервалов значений  $R_a$**

$R_a, R_z, R_{max}$ , мкм	Базовая длина $l_r$ , мм	Длина оценки $l_n$ , мм
$(0,006) < R_z \quad R_{max} \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_z \quad R_{max} \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_z \quad R_{max} \leq 2$	0,08	4
$2 < R_z \quad R_{max} \leq 10$	2,5	12,5
$10 < R_z \quad R_{max} \leq 80$	8	40

**Таблица 2. Значение базовой длины для интервалов значений  $R_z, R_{max}$**

$R_z, R_{max}$ , мкм	Базовая длина $l_r$ , мм	Длина оценки $l_n$ , мм
$(0,025) < R_z \quad R_{max} \leq 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < R_z \quad R_{max} \leq 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < R_z \quad R_{max} \leq 10$	0,08	4
$10 < R_z \quad R_{max} \leq 50$	2,5	12,5
$50 < R_z \quad R_{max} \leq 200$	8	40

4. Сравниваем параметр, измеренный в п. 3 с интервалом значений, данных в табл. 1 и 2 для использованной базовой длины. Если значение измеренного параметра лежит в интервале выбранной базовой длины, то переходим к п. 7.

5. Если значение выбранного параметра лежит за пределами интервала значений выбранной базовой длины, выбираем большую или меньшую базовую длину, в соответствии с табл. 1 и 2.

6. Проводим новое измерение параметра. Значение параметра теперь должно лежать в интервале соответствующей базовой длины табл. 1 или 2. Если это не случилось, то возвращаемся к п. 5.

7. Выполняем измерение параметра шероховатости на следующей меньшей базовой длине.

8. Проверяем, соответствует ли сочетание значение параметра шероховатости и базовой длины из п. 7 тому, что указано в табл. 1 и 2.

9. Если только предварительное измерение, проведенное по п. 3. или окончательное по п. 6 (и случае если п. 5 и 6 были использованы) обеспечивает соответствие значений параметра и базовой длины по табл. 1 или 2 (в то время как п. 7 обеспечивает несоответствующее сочетание), тогда оба выбора базовой длины и значение параметра по п. 3 или 6 являются соответственно корректными.

10. Если измерение в п. 7 также обеспечивает соответствующее сочетание значения параметра и базовой длины как указано в таблицах 1 или 2, тогда эта более короткая базовая длина и значение соответствующего параметра являются корректными.

11. Таким образом, корректная базовая длина представлена в п. 9 и п. 10. Презентативные измерения выбранного параметра должны выполняться, используя именно эту отсечку шага (базовую длину).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сигов А.Н.* Методика и результаты исследования размерной точности и относительной плотности образцов из композиционных материалов при проведении лабораторных работ / А.Н. Сигов, А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года. Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2020. С. 282-291.

2. Studying of the properties of composite materials (powder mixtures) during complex laboratory work / V. Brish, A. Sigov, A. Starostin et al. // Advances in Economics, Business and Management Research : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction" (ISPCBC 2019), Pskov, May 21–23 2019. Pskov: Atlantis Press, 2019. P. 642-645.

3. Методика и результаты исследования свойств композиционных материалов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2019. № 1(3). С. 8-11.
4. Исследование погрешности измерения приборов, применяемых для контроля параметров колец подшипников качения, с целью аттестации приборов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности : материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Архангельск, 25–28 марта 2018 года. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2018. С. 84-91.
5. *Бриш В. Н.* Применение интерактивных методов обучения при чтении лекций с целью повышения уровня сформированности компетенций обучающихся / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2017 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 112-115.

## **МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ В ПРОГРАММЕ RANGE VISION SCAN CENTER NG**

**А.Д. Шолупов, Е.П. Кондратьева**

Научный руководитель – **Е.П. Кондратьева**, старший  
преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Разработана методика измерений линейных размеров трехмерной модели в программе RANGE VISION SCAN CENTER NG в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009.*

***Ключевые слова:** измерение, методы измерений, линейные размеры, трехмерные модели*

## **METHOD FOR MEASURING LINEAR SIZES IN THE RANGE VISION SCAN CENTER NG SOFTWARE**

**A.D. Sholupov, E.P. Kondratyeva**

Scientific Supervisor – **E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*A technique has been developed for measuring the linear dimensions of a three-dimensional model in the RANGE VISION SCAN CENTER NG program in accordance with GOST R 8.563-2009.*

***Keywords:** measurement, measurement methods, linear dimensions, three-dimensional models*

В нашу жизнь широко вошли трехмерные изображения. Они становятся все популярнее благодаря тому, что проекты, выполняемые таким методом, намного нагляднее и реалистичнее, нежели обычные чертежи и двухмерные модели [1].

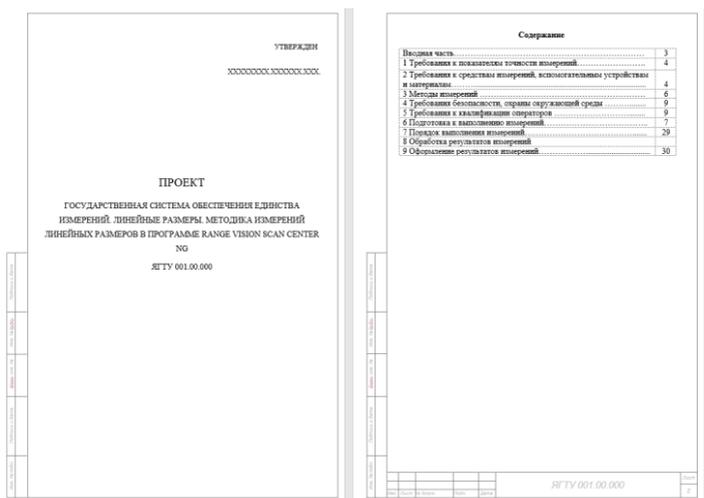
3D-модель – это объемная фигура в пространстве, создаваемая в специальной программе, а также получаемая путем сканирования объекта с помощью 3D сканера, например RangeVision PRO, и позволяет сканировать модели любого размера с высокой точностью. Сканер RangeVision PRO работает по принципу структурированного подсвета, поддерживает различные виды объективов.

Полученные 3D-модели применяют для реверс-инжиниринга и контроля качества, в том числе промышленных изделий; археологии, сохранении культурного наследия; реставрации; оцифровки и 3D-моделировании [1].

На полученной 3D-модели можно провести измерения линейных размеров, используя программу RANGE VISION SCAN CENTER NG. В связи с тем, что данный метод измерения не описан стандартом, авторами разработана методика измерения в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009. Методика измерения позволит провести измерения с необходимой точностью и достоверностью.

Документ «Методика измерений линейных размеров в программе RANGE VISION SCAN CENTER NG» включает следующие разделы (рис. 1):

- требования к показателям точности измерений;
- требования к средствам измерений;
- методы измерений;
- требования безопасности;
- охраны окружающей среды;
- требования к квалификации операторов;
- подготовка к выполнению измерений;
- порядок выполнения измерений;
- обработка результатов измерений, оформление результатов измерений [2].



**Рис. 1. Проект документа «Методика измерений линейных размеров в программе RANGE VISION SCAN CENTER NG»**

Данная методика обеспечит выполнение измерений с требуемой точностью. Её можно применять на любом промышленном предприятии, которые в своей лаборатории имеют 3D сканер производителя Range Vision.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Побегалова Е.О.* Основы работы с 3D сканером по технологии структурированного подсвета: учебное пособие / Е.О. Побегалова, Е.П. Кондратьева. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. 68 с. 1 CD-ROM.
2. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. М.: Стандартинформ, 2010. 27 с.
3. Руководство по эксплуатации. Сканеры оптические трехмерные RangeVision PRO ScanCenter NG 2019.1.

## СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

УДК 504.064.2.001.18 : 504.054

### АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

**Т.А. Аксенова, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается вопрос о необходимости разработки и внедрения системы экологического менеджмента на предприятиях. Также рассмотрен один из основных элементов СЭМ – идентификация экологических аспектов, которая представлена на примере предприятия АО «Ярославский технический углерод имени В.Ю. Орлова».*

**Ключевые слова:** экология, система экологического менеджмента, экологический аспект, процессный подход, негативное воздействие

### ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AT THE ENTERPRISE

**T.A. Aksenova, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the issue of the need to develop and implement an environmental management system in enterprises. One of the main elements of the EMS is also considered - the identification of environmental aspects, which is presented on the example of an enterprise JSC "Yaroslavl carbon black named after V.Yu. Orlov.*

**Keywords:** ecology, environmental management system, environmental aspect, process approach, negative impact

В современном мире промышленные предприятия оказывают большое влияние на природу. Они загрязняют все объекты окружающей среды, к которым относятся атмосферный воздух, вода и почва [1].

В процессе своей деятельности предприятие сталкивается с множеством трудностей в области охраны окружающей среды. Обеспечить решение данных проблем может внедрение системы экологического менеджмента (СЭМ) на предприятии, которая должна соответствовать требованиям международного стандарта ISO 14001:2015 [2].

Система экологического менеджмента способствует предотвращению рисков, связанных с воздействием предприятия на окружающую среду. Модель СЭМ должна быть основана на процессном подходе. Этим будет определяться ее результативность и эффективность при оценке снижения негативного воздействия деятельности предприятия на окружающую среду [3].

При внедрении процессного подхода в управлении экологической деятельностью предприятия повышаются возможности контроля и предотвращения негативного воздействия.

Одним из элементов системы экологического менеджмента является идентификация экологических аспектов предприятия.

Идентификация экологических аспектов – это постоянный процесс, который определяет все возможные воздействия предприятия на окружающую среду [4].

Каждая организация сама должна определять способы идентификации экологических аспектов, поскольку не существует единого метода для их идентификации и оценки.

Для анализа экологических аспектов было выбрано предприятие АО «Ярославский технический углерод имени В.Ю. Орлова».

АО «Ярославский технический углерод имени В.Ю. Орлова» – крупнейший в России завод по производству технического углерода. Основным видом деятельности компании ЯТУ имени В.Ю. Орлова является производство химических продуктов.

В результате идентификации были выделены следующие экологические аспекты:

- 1) сток воды;
- 2) заболеваемость населения;
- 3) тепловыделение при нагревании продукции;
- 4) выделение вредных газов;
- 5) вероятность разлива/утечки ресурсов нефтехимической промышленности из резервуаров хранения.

Анализ экологических аспектов проводился методом экспертных оценок.

Сущность метода экспертных оценок заключается в том, что в основу принятого решения, прогноза, вывода закладывается мнение специалиста или коллектива специалистов, основанное на их знаниях и практическом профессиональном опыте.

В оценке экологических аспектов принимали участие три эксперта. Каждый расставил оценки по вероятности возникновения и по уровню ущерба риска. Для оценивания применялась 5-балльная шкала.

Оценка производилась по таблице 1.

**Таблица 1. Оценка уровня вероятности и ущерба**

Вероятность		Уровень ущерба				
		Несущественный	Низкий	Средний	Существенный	Катастрофический
		1	2	3	4	5
Весьма вероятно	5	5	10	15	20	25
Вероятно	4	4	8	12	16	20
Возможно	3	3	6	9	12	15
Маловероятно	2	2	4	6	8	10
Крайне маловероятно	1	1	2	3	4	5

В таблицах 2 и 3 представлены оценки экспертов.

По результатам анализа, были выявлены важные экологические аспекты: сброс воды и заболеваемость людей. В первую очередь именно на эти аспекты должны быть нацелены мероприятия по улучшению и ликвидации. Затем следуют тепловыделение, выброс загрязняющих веществ и разлив/утечка нефтепродуктов.

**Таблица 2. Оценки экспертов**

Риск	Оценка эксперта 1		Оценка эксперта 2		Оценка эксперта 3		Среднее	
	Вероятность	Уровень	Вероятность	Уровень	Вероятность	Уровень	Вероятность	Уровень
1	3	4	4	3	2	4	3	4
2	3	4	2	4	3	3	3	4
3	2	2	1	3	2	2	2	2
4	2	5	1	4	2	4	2	4
5	2	5	2	4	1	4	2	4

**Таблица 3. Итоговые оценки экспертов**

Риск	Вероятность возникновения	Уровень ущерба	Уровень риска
Сброс воды	3	4	12
Заболееваемость населения	3	4	12
Тепловыделение при нагревании продукции	2	2	4
Выделение вредных газов	2	4	8
Вероятность разлива/утечки	2	4	8

Важное значение в предотвращении оказания негативного воздействия на окружающую среду имеют технические мероприятия, к которым можно отнести следующее:

- 1) разработка и внедрение системы экологического менеджмента;
- 2) установление герметичных резервуаров для хранения нефтепродуктов;
- 3) применение фильтров для снижения возможности выбросов в воздух, воду и почву.

Таким образом, идентификация экологических аспектов должна проходить не реже одного раз в год для своевременного реагирования на изменение влияния предприятия на окружающую среду и корректировки предложенных и реализуемых мероприятий [5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарипова А.Ф.* «Возможные пути снижения негативного воздействия объектов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности на окружающую среду» // Достижения науки и образования. 2018. № 16. С. 96-98.
2. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. М.: Стандартиформ, 2018. 31 с.
3. *Зубарев А.С.* Система экологического менеджмента на предприятиях // Российское предпринимательство. 2010. Т. 11, № 2. С. 89-94.
4. *Сергеева И.Г.* Идентификация экологических рисков компаний нефтегазового сервиса / И.Г. Сергеева, Н.А. Схаб // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 4. С. 3-10.
5. *Медведева С.А.* Экологический риск. Общие понятия, методы оценки // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. Т. 1, № 1. С. 67-81.

## **ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ ВНУТРЕННИХ АУДИТОРОВ В КОМПАНИИ ООО «ЗАВОД МАРКОН»**

**Н.С. Арихина, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматривается значимость процесса внутреннего аудита в организации и компетентность специалистов при проведении аудиторской проверки для качественного обеспечения данного процесса.*

***Ключевые слова:** внутренний аудит, компетентность, автомобильная промышленность, тормозная колодка, система менеджмента качества, методика, улучшения*

## **ASSESSMENT OF THE COMPETENCE OF INTERNAL AUDITORS IN THE COMPANY «MARKON PLANT» LLC**

**N.S. Arikhina, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses the importance of the internal audit process in the organization and the competence of specialists in conducting an audit to ensure the quality of this process.*

***Keywords:** internal audit, competence, automotive industry, brake pad, quality management system, methodology, improvements*

В настоящее время каждая организация нацелена на достижение высокой эффективности своей работы, на получение большей прибыли и наилучшего конечного результата, наиболее приближенного к запланированному изначально. Именно поэтому руководители компаний стараются создавать систему менеджмента качества, которая будет обеспечивать контроль и улучшение деятельности на всех этапах работы, а также поддержание конкурентоспособности и лидирующих позиций на рынке.

В организациях, успешно внедривших СМК, проводятся внутренние аудиты, представляющие собой деятельность по контролю за всеми протекающими процессами.

Внутренний аудит организуется для того, чтобы оперативно выявлять и исправлять факторы, которые снижают эффективность работы и качество продукции, а также которые негативно влияют на финансовые и экономические показатели. Результаты такого контроля представляют интерес для собственников бизнеса, помогают оценить будущие риски и направления развития компаний.

Говоря о значимости и применимости внутреннего аудита, а также его популярности в современном мире, нельзя не отметить предприятие отрасли современного машиностроения ООО «Завод МарКон», которое на сегодняшний день является одним из крупнейших в России производителей тормозных колодок, начавшего свою деятельность в городе Ярославль с 1991 года.

В ассортименте компании более 500 наименований качественной продукции по приемлемым ценам для отечественных и импортных легковых и коммерческих автомобилей, автобусов, грузовиков, прицепов и фронтальных погрузчиков [1].

Рабочие завода производят тормозные колодки для дисковых тормозов импортных и отечественных автомобилей, изготавливаемых из безасбестовых композиций, шифров М-302 и М-304[2]. Изделия, созданные на предприятии ООО «Завод МарКон», состоят из фрикционного материала и уникальных смесей, которые обеспечивают высокую долговечность и служат для обеспечения необходимой эффективности, комфортности и безопасности торможения [3].

В данной организации, как и во многих других, разработана и функционирует система менеджмента качества и проводятся внутренние аудиты. Порядок их осуществления в ООО «Завод МарКон» регламентирован требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 19011-2021 [4].

В руководстве по качеству рассматриваемого предприятия указано, что руководителем процесса «Внутренний аудит» является ведущий специалист по СМК, а также в данном документе отражены его полномочия и ответственность. Координацию работ по планированию и проведению внутренних аудитов качества осуществляет также ведущий специалист по СМК.

Согласно стандарту ООО «Завод МарКон» ВнА – 2020 – «Система менеджмента качества. Внутренний аудит» [5], к проведению внутренних аудитов допускаются специалисты, которые независимы от какой бы то ни было прямой ответственности за выполнение действий, подлежащих аудиту. Внутренним аудитором в компании может быть специалист, имеющий высшее образование, проработавший в компании не менее

двух лет, прошедший специальный курс обучения и два аудита в качестве стажера и допущенный к участию во внутренних аудитах приказом по предприятию. Ежегодно внутренний аудитор должен проводить не менее двух аудитов.

В настоящее время на предприятии производится качественная продукция, стабильно протекают технологические процессы, но при проведении внутреннего аудита существуют некоторые недостатки, которые были выявлены при проверке самого процесса. Одной из основных причин является прежде всего нехватка квалифицированных специалистов. Существует проблема, связанная с компетентностью аудиторов (поиском новых, обучением старых и т.п.), количественный состав группы не нормируется и зависит от объекта и объема аудита.

Качество проведенного аудита и мнение, выражаемое в аудиторском заключении, напрямую зависят от аналитического и профессионального суждения аудитора, которое определяется накопленным опытом и стажем работы, пониманием областей с возможными ошибками и нарушениями, поэтому данный недостаток в ООО «Завод МарКон» является важным и существенным.

Стремясь более качественно устранить данную проблему, нужно использовать комплексный подход.

Для решения сложившейся ситуации на предприятии ООО «Завод МарКон» было решено разработать комплекс мероприятий по улучшению работы группы аудиторов, для упрощения и усовершенствования процесса внутреннего аудита, а также разработать и внедрить методику оценки компетентности внутренних аудиторов.

В качестве решения были сформированы следующие рекомендации:

– Первые действия – сформировать определенную производственную культуру предприятия, философию, согласно которой каждый сотрудник нацелен на достижение единого конечного результата в организации, понимает взаимосвязь всех процессов и значимость его вклада в общую деятельность, тем самым совершая свою работу наиболее качественно. Все это достигается путем привлечения специалистов, проведения определенных тренингов как для руководителей, так и для сотрудников более низкого звена.

– Для предприятия ООО «Завод МарКон» необходимо разработать документ, включающий методику подбора, обучения и оценки компетентности внутренних аудиторов, который должен включать в себя следующие основные элементы:

а) Общие требования и описание должности внутреннего аудитора.

б) Требования к внутренним аудиторам, среди которых функциональные обязанности и компетенции, а также биографические данные (возраст, пол, образование, опыт) сотрудника, специальные знания и навыки, личностные качества и ценности, которые необходимы для выполнения должностных обязанностей в компании.

в) Место в организационной структуре и взаимосвязь внутренних аудиторов с другими подразделениями.

г) Методику оценки компетентности внутренних аудиторов, которая проводится на основе разработанных критериев самими аудиторами с помощью опроса и тестирования.

Таким образом, проанализировав значимость внутреннего аудита в области производства автокомплекующих, можно сделать вывод о том, что деятельность по его проведению – это необходимое условие и фактор развития предприятия. В результате ознакомления с деятельностью ООО «Завод МарКон» были найдены некоторые недостатки данного процесса, вследствие чего предложены рекомендации по его улучшению, которые будут способствовать как повышению эффективности функционирования процесса внутреннего аудита, так и контролю за другими процессами, а также повышению заинтересованности работников в качественном выполнении своих должностных обязанностей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт компании ООО «Завод МарКон». URL: <https://www.markon.ru/> (дата обращения 14.03.2022).
2. ГОСТ Р 50507-93 «Изделия фрикционные тормозные. Общие технические требования». М.: Издательство стандартов, 1993. 6 с.
3. Технический регламент ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». URL: <http://www.consultant.ru/document> (дата обращения 14.03.2022).
4. ГОСТ Р ИСО 19011 – 2021 «Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента». М.: Издательство стандартов, 2021. 36 с.
5. Стандарт предприятия. ВНА – 2020. «Система менеджмента качества. Внутренний аудит». Компания ООО «Завод МарКон». Ярославль, 2020. 18 с.

## КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**В.В. Василевская, Н.А. Самосюк**

Научный руководитель – **Н.А. Самосюк**, канд. экон. наук, доцент

Белорусский национальный технический университет

*В работе рассматривается качество электрической энергии и основные показатели, которые могут повлиять на работу электрических приборов. Описывается влияние некачественной энергии и варианты его улучшения.*

***Ключевые слова:** электрическая энергия, показатели качества, перенапряжение, потребитель энергии, стандарты качества*

## QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY

**V.V. Vasilevskaya, N.A. Samosiuk**

Scientific Supervisor – **N.A. Samosiuk**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Belarusian National Technical University

*The paper considers the quality of electrical energy and the main indicators that can affect the operation of electrical appliances. The influence of low-quality energy and options for its improvement are described.*

***Keywords:** electrical energy, quality indicators, overvoltage, energy consumer, quality standards*

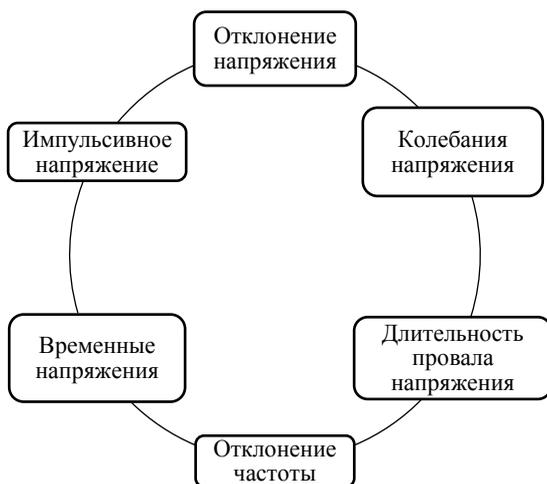
Энергетика – отрасль, от которой зависят остальные, так как для эффективного и нормального функционирования других отраслей необходима электрическая и тепловая энергия. Электрическая энергия – энергия, которая движется по электрической цепи. Электроэнергия является специфическим товаром, показатели которого трудно регулировать и которые могут изменяться после включения электроприёмников в электрическую сеть.

Качество электрической энергии определяет качество работы предприятий, бытовой техники. Изменение показателей качества ведут к перепадам напряжения. Не качественная электрическая энергия может

привести к поломкам электроприёмников и увеличению потерь энергосистемы. Ущерб от изменения показателей, ведущие к поломкам называют электромагнитным ущербом.

Невозможно полное устранение изменений электроэнергии, так как большинство из них определяется внешними факторами как погодные условия, работа коммутационных аппаратов и автоматики. Тем не менее для оценки работы оборудования и влияния внешних факторов измеряют показатели: частоту, напряжение.

Рассмотрим показатели качества, представленные на рис. 1 [1].



**Рис. 1. Показатели качества**

Из рисунка видно, что основные показатели – это частота, напряжение и их производные. Возможные виновники в изменениях данных показателей: энергоснабжающая организация, потребитель с переменной нагрузкой. Способы регулирования качества электрической энергии представлены на рис. 2 [2].

Первые два способа связаны с изменением структуры электрических сетей, поэтому самым экономичным способом является использование устройств коррекции электрической энергии, что принесет меньше затрат энергосистеме.

В энергосистеме происходят постоянные изменения: подключаются новые предприятия, отключаются старые предприятия, что приводит к перенапряжениям. Перенапряжение в свою очередь приводит снижению качества передаваемой энергии.



**Рис. 2. Способы улучшения показателей качества**

Важной особенностью ущерба от изменений качества то, что сложно определить виновника. Со стороны энергосистемы показатели постоянно контролируются, поэтому они знают, когда может возникнуть электромагнитный ущерб. Тем не менее, передавая электроэнергию, внешние факторы сложно отследить, поэтому до потребителя может доходить электроэнергия с изменёнными показателями. Со стороны потребителей электромагнитный ущерб может возникнуть от некачественных электроприёмников, поэтому учет должен постоянно осуществляться в точках потребляемой энергии. Также стоит отметить, что лицо, виновное в ухудшении, будет возмещать ущерб, что помогает снизить финансовую нагрузку энергосистемы.

В итоге можно сделать вывод, что электрическая энергия должна соответствовать определенным требованиям, не соблюдение которых, может привести к серьёзным поломкам и, следовательно, к большим финансовым потерям как потребителей, так и снабжающей организации. Тем не менее качество электрической энергии сложно регулировать, так как на большинство факторов влияют исключительно внешние факторы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карташевич И.И.* Нормирование показателей качества электрической энергии / И.И. Карташевич, А.И. Воложин. Л.: Энергия, 2009. 120 с.
2. *Янукович Г.И.* Качество электрической энергии и способы его повышения: учеб. пособие / Г.И. Янукович. Минск: БГАТУ, 2008. 70 с.

## **ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА**

**И.М. Вьюгина, А.С. Ермишин**

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье освещена практика внедрения культуры управления отклонениями на примере фармацевтического предприятия как пример одной из «наилучших практик» в системе менеджмента качества.*

***Ключевые слова:** фармацевтическая система качества, управление производственными отклонениями, GxP, фармацевтическое предприятие*

## **EFFECTIVE MANAGEMENT OF PRODUCTION DEVIATIONS AS AN ELEMENT OF THE QUALITY SYSTEM**

**I.M. Vyugina, A.S. Ermishin**

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article highlights the practice of introducing a culture of deviation management on the example of a pharmaceutical company as an example of one of the «best practices» in the quality management system.*

***Keywords:** pharmaceutical quality system, deviation management, GxP, pharmaceutical company*

В последние годы российские предприятия различных отраслей промышленности всё чаще обращаются к философии кайдзен, делая основной акцент на непрерывном улучшении процессов производства, оптимизации процессов управления и повышении различных аспектов жизни сотрудников. Однако если для Японии как для родины этого концепта подобная система кажется простой и естественной, то для российских реалий подобный концепт требует глубокого переосмысления и принятия на всех уровнях: от рядового сотрудника до высшего руководства [1].

Говоря о тех отраслях отечественной промышленности, которые не боялись перехода к новой модели управления предприятиями, в первую очередь стоит отметить фармацевтику.

В данной статье приводятся принципы построения на предприятии культуры управления отклонениями, отвечающей принципам кайдзен. Представленная модель является универсальной, что дает возможность предприятиям других отраслей перенимать наилучшие практики у пионеров направления.

Не секрет, что на функционирующем предприятии, даже при условии внедрения строжайших правил и процедур, в день могут случаться по несколько десятков несущественных отклонений, а также единичные существенные и даже критические отклонения. Под термином «отклонение» в данном случае понимается любое незапланированное отступление от политик, стандартных операционных процедур, методик и иных внутренних документов предприятия, а также нарушение законодательных требований. Безусловно, количество отклонений зависит и от интенсивности производственных активностей, и от масштаба предприятия в целом, но вне зависимости от этого все отклонения являются источником прямых и косвенных убытков для компании и источником рисков для потребителей.

Для того чтобы понять, как термин «отклонение» находит практическое отражение в жизни социума, достаточно вспомнить трагедию с перепутыванием «Милдроната» и «Листенона», приведшую к гибели как минимум двух человек [2]. На основании проведенного расследования был сделан вывод о возможном наличии неутилизованных остатков бракованных ампул, что в итоге привело к фатальному перепутыванию.

Можно ли было избежать подобной трагедии? При внедрении надлежащей культуры управления отклонениями такой вопрос не стоит.

Начиная процесс имплементации культуры управления отклонениями, предприятие должно четко определить, какие процессы будут входить в контур системы. Например, в фармацевтической промышленности расследованию подлежат отклонения, произошедшие в рамках GxP (Good Manufacturing Practice, Good Laboratory Practice и т.д.).

Также следует понимать, что процесс построения культуры (и в особенности процесс перестройки уже существующих процессов) на начальных этапах является достаточно трудоемким. Написания стандартной операционной процедуры по управлению отклонениями не достаточно: для того, чтобы она заработала необходимо на каждодневной основе проводить работу с сотрудниками.

Зачастую, основной проблемой «менталитета» работников многих российских предприятий может являться нежелание сообщать о существующих проблемах до тех пор, пока ошибки не накопятся до критиче-

ской массы. Причин у такого поведения достаточно много: негативный опыт в прошлом (сотрудник сообщал о проблеме и был назначен «виновным»), нежелание вовлекаться в последующий процесс решения проблемы («инициатива наказуема») и даже простая перегруженность сотрудника рутинными задачами. Некоторые сотрудники могут даже не уметь детектировать отклонения, потому что они не имеют привычки постоянно сравнивать процесс, описанный в процедурах с окружающей их производственной реальностью.

Именно поэтому на первых этапах внедрения культуры управления отклонениями, служба качества предприятия должна провести работу со всеми сотрудниками, чья деятельность прямо или косвенно влияет на качество продукции. Умение выявлять отклонения – это важная компетенция, подчеркивающая экспертность сотрудника и требующая поощрения. Ошибка, зафиксированная и скорректированная, перестает быть персонализированной и переходит в категорию приобретенного опыта.

После того как сотрудники начали видеть отклонения, необходимо научить их проводить расследования.

Под термином «расследование» следует понимать систематические действия (например, дополнительные исследования, тестирования, запрос информации), проводимые для сбора и анализа данных с целью определения корневой причины или наиболее вероятных причин отклонения, оценки влияния на продукцию и разработки корректирующих и превентивных мероприятий (CAPA, corrective actions, preventive actions).

Корневая причина — та проблема, которая изначально привела к нежелательным результатам, и которая, в случае своего решения, могла бы предотвратить эти результаты [3].

Расследование как процесс обладает рядом характеристик, при соблюдении которых накопление и анализ данных становятся понятным и прозрачным как для пользователей системы, так и для аудиторов:

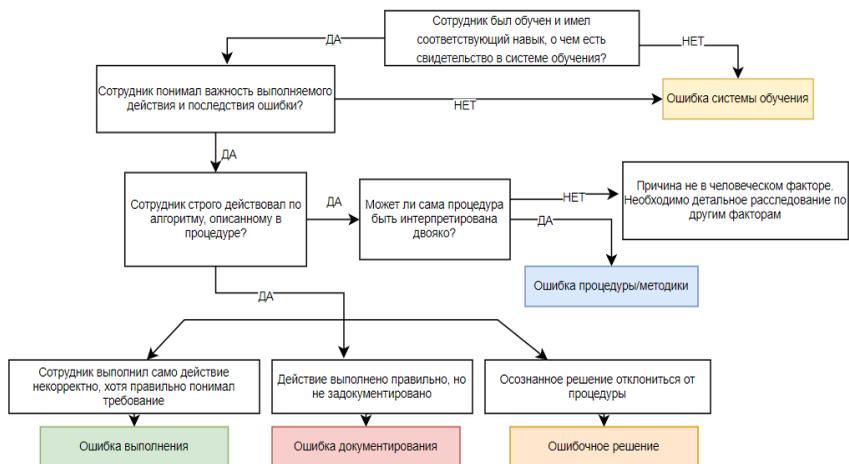
- должно происходить по стандартизированной схеме, то есть в процедуре предприятия должен содержаться подробный алгоритм действий для всех вовлеченных подразделений и должны быть разработаны заполняемые формы (исполнение возможно как на бумажных носителях, как и в бумажном варианте);
- необходим контроль прогресса расследования на всех этапах;
- знания и опыт, полученные в ходе расследования сохраняются и копятся внутри компании.

Для наиболее эффективного взаимодействия между кроссфункциональной группой рекомендуется использовать формат «двух встреч»: на первой встрече рабочая группа проводит анализ проблемы, первоначальную оценку влияния на продукт; составляется план расследования и

происходит выбор методов. После встречи участники приступают к проработке рабочих гипотез.

На «второй встрече» проводится обзор полученных данных и установление корневых причин. В соответствии с выявленными причинами происходит разработка плана корректирующих и превентивных действий.

Отдельное внимание в контексте корневых причин следует уделить такому фактору, как человеческий. Согласно формуле Э. Деминга, проблемы брака продукции, отклонений, отказов в работе оборудования, несоответствий, претензий потребителей на 98% зависят от действующей системы управления, и только на 2% от воздействия персонала. Однако любая система управления всецело зависит от людей, создается и результативно функционирует с осознанным участием персонала всех уровней. Следует понимать, что в случае если в качестве причины подозревается или установлена человеческая ошибка, наличие такой причины должно быть доказано, чтобы гарантировать отсутствие существующих процессных, процедурных или системных ошибок или проблем. На рис. 1 представлено дерево принятия решений, позволяющее сделать вывод о влиянии человеческого фактора на отклонение и детализировать тип ошибки.



**Рис. 1. Дерево принятия решений по человеческому фактору**

Если человеческая ошибка все-таки доказана и признана корневой, то крайне важно разработать эффективный план CAPA и выполнить его в максимально короткие сроки, чтобы предотвратить повторение ошибки. Кроме того, следует обратить внимание на превентивные действия в та-

ких ситуациях: зачастую в ходе расследования выясняется, что сотрудники могли бы выявить ошибку до того, как она переросла в отклонение.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что эффективное управление отклонениями оказывает позитивное влияние на систему менеджмента качества в целом: уменьшается количество простоев и сбоев в поставках, высвобождаются человеческие и финансовые ресурсы для внедрения улучшений. Несмотря на первоначальную трудозатратность, внедрение культуры управления отклонениями является целесообразным мероприятием для современного предприятия, ориентированного на внедрение наилучших практик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Немцов Д.В.* Роль внедрения Кайдзен в формировании корпоративной культуры // Инновации и инвестиции. 2020. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-vnedreniya-kaydzen-v-formirovanii-korporativnoy-kultury> (дата обращения 08.02.2022).
2. Никто не хотел убивать // Независимая Газета. URL: [https://www.ng.ru/health/2009-06-23/7\\_mildronat.html](https://www.ng.ru/health/2009-06-23/7_mildronat.html) (дата обращения 31.01.2022).
3. *Boltic Z.* Measuring the performance of quality assurance processes: pharmaceutical industry deviation management case study / Z. Boltic, N. Ruzic. URL: <https://doi.org/10.1007/s00769-010-0709-2> (дата обращения 08.02.2022).

## **ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ**

**Я.В. Галахова, Е.Э. Потапов, Е.О. Ермолаева**

Научный руководитель – **Ю.В. Устинова**, канд. техн. наук, доцент

Кемеровский государственный университет

*В данной статье раскрывается тема документооборота с позиций процессного подхода. Тщательно расписаны подпроцессы документооборота, описывающие последовательность работ документов в организации.*

*Рассказаны различные факты, которые описываются и используются на основе процессного подхода в работе документооборота. Различные модели бизнес-процессов согласно стандартам ISO 9000 для качественного управления документооборотом в организациях для повышения результативности работы документов.*

**Ключевые слова:** электронный, документооборот, делопроизводство, процессный подход, документопоток, бизнес-процесс

## **PROCESS APPROACH AS THE BASIS OF DOCUMENT MANAGEMENT**

**Ya.V. Galakhova, E.E. Potapov, E.O. Ermolaeva**

Scientific Supervisor - **Yu.V. Ustinova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kemerovo State University

*This article reveals the topic of workflow from the standpoint of the process approach. Workflow sub-processes are carefully described, describing the sequence of work of documents in the organization. Various facts are described, which are described and used on the basis of the process approach in the work of the workflow. Various business process models according to ISO-9000 standards for quality document management in organizations to improve the effectiveness of documents.*

**Keywords:** electronic, document management, office work, process approach, document flow, business process

Документооборот – это движение всех внутренних документов организации от даты составления до даты отправки. Как раз в делопроизводство входит совокупность организационных механизмов контроля документооборота в организации.

Для того чтобы разработать результативную систему документооборота в организациях, необходимо интенсивно расширять процессы производства. Сегодня актуальным является вопрос о том, кто будет управлять тем или иным документом [1]. Чаще всего исполнителями требований документов являются сотрудники компании, которые по большей степени допускают ошибки в своей работе, а также выполняют ее на низком уровне. Поэтому возникает необходимость усиливать контроль за содержанием документа и за его своевременным предоставлением.

Халатное отношение к построению процесса управления документооборота может привести к ухудшению качества и предоставления информации (достоверность, целостность, полнота, новизна, своевременность).

С целью оптимизации системы документооборота использование процессного подхода позволяет интегрировать документы в систему бизнес-процессов. Таким образом, это позволит рассмотреть документооборот с разных сторон, в частности как определенный порядок связанных работ, цикл из обработки документов в системе бизнес-процессов данных компании [2].

Оптимизация и упорядочение системы документооборота осуществляется с помощью международных стандартов менеджмента качества ISO 9000.

В ходе построения модели бизнес-процессов, разработанной в соответствии с требованиями стандартов ISO, обеспечиваются такие преимущества, как [3]:

1. своевременное предоставление документированной информации ответственному лицу;
2. инициализация реализации процесса при поступлении информации;
3. грамотное распределение полномочий работников для исполнения требований документов;
4. делегирование обязанностей для освобождения руководства от излишней обработки документации.

Следующее что необходимо сделать, это выделить ряд показателей, которые будут соответствовать общим требованиям. Чаще всего используют следующие:

1. Надежность осуществления.
2. Общее количество сделанных операций.
3. Общее количество документов, входящих в систему.

4. Последующая производительность процесса.
5. Расходы на введение ресурсов.
6. Правильность документов.
7. Время выполнения работы.

Таким образом, организации, сертифицированные по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015, достигают более высоких показателей в отличие от несертифицированных организаций. Поэтому организации, которые работают по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015, используют методы СМК на более высоком уровне, по сравнению с несертифицированными организациями. Эти методы благоприятно влияют на показатели качества, но некоторые методы независимо связаны с эффективностью использования оборотных средств и результативностью.

Только применяя эту модель, документооборот в компании строится как поток работ, позволяющих наблюдать общий проект документных и информационных потоков. Получается, что процессный подход, управляя документооборотом, демонстрирует его как бизнес-процесс, где входами и выходами служат документы.

Нужно сказать, что процессный подход применяют как в управлении документооборотом, так и в инженерии.

Так, производителям стандартных продуктов недостаточно знаний и проницательности, а также новых идей, которые необходимо применять при работе в исследованиях рынка потребителей. Поэтому сотрудники компаний при исследовании рынка потребителей теряют возможные цели разработки при создании чего-то нового, что будет лучше ориентировано на ожидания потребителя. Чтобы решить данные трудности были разработаны подробное руководство и процессный подход. Они объединяют знания, которые ориентированы на психологию и социологию исследований потребителей в организованной и понятной форме. Это помогает работникам разрабатывать продукты более производительней и эффективней учитывать желания потребителей. Также это поможет сократить ошибки, повысить качество и затратить меньше усилий для исследования рынка потребителей.

В большинстве случаев компании используют не сразу все виды процессов, а лишь какую-то часть из них. Условно процессы документооборота компании можно поделить по частям на основные группы. Следом их можно будет разделить на главные и второстепенные процессы.

Например, можно выделить группу основных процессов, куда будет входить работа с входящими и исходящими документами и т.д.

Нужно сразу выделить, что каждый процесс будет иметь свой путь, исходя от типа, состава, обязанностей и функций документа. Этот путь чаще всего будет постоянным.

Подводя итог вышесказанного, можно сделать вывод, что главная цель системы управления документооборотом основывается на распределении всех информационных ресурсов организации так, чтобы они находились под надежной защитой, которая имеет следующие возможности [4]:

1. Удаленная идентификация несекретных и классифицированных устройств хранения данных, которые необходимы для обнаружения радиосигналов в режиме реального времени в месте хранения и работы;
2. Автоматическая опись несекретных и секретных документов, разложенных в стопки и поданных, включая автоматическое обнаружение перемещения;
3. Контроль перемещения устройств хранения данных, а также несекретных и секретных документов через зоны безопасности, включая контроль доступа к несекретным и секретным документам;
4. Защита устройств хранения данных и документов от незаконного перемещения;
5. Автоматическое распознавание устройств хранения данных и документов не только в месте хранения, но и на рабочих станциях;
6. Защита от вторичного копирования несекретных и секретных документов;
7. Контроль печати несекретных и секретных документов с ограничением количества копий;
8. Определение места хранения отдельных несекретных и секретных документов с заданной точностью расположения файла или тома.

Распределение информационных ресурсов организации так, чтобы ими мог воспользоваться определённый круг сотрудников, который также мог их отправить, получить или найти схемы путей документов, являются задачами управления документооборотом.

Для этого нужно выполнить следующее:

1. Создание кейса с иерархическим хранением для особо важных документов.
2. Предоставление различных вариантов слоев для сохранности в хранилище.
3. Хранение данных.
4. Распределение документов по самостоятельному значению.
5. Хранение устройства в указанном местоположении.
6. Ссылки на местоположение документа.
7. Сохранение всей информации о документах.
8. Ведение хронологии внесения изменений в документы и их передвижений.
9. Разработка просмотра истории и перемещение документов по карте.

10. Внедрение функции поиск документов в систему.

11. Сохранение отчета результатов поиска в виде списка и на карту.

Можно сделать следующий вывод. Чтобы квалифицировать и качественно внедрить систему документооборота в организации, выявляются несколько пунктов оптимизации: сокращение времени на обработку документов, более тщательный контроль за процессами предприятия, а также сокращение времени их выполнения.

Улучшение качества документооборота на основе процессного подхода – это согласованность всех сотрудников в выполнении обработки документов в организации. Для поддержания системы всегда надо проводить анализ, оптимизацию и реинжиниринг действующего документооборота – это одно из главных требований стандарта системы менеджмента качества ISO 9000.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванилова О.С.* Международный стандарт ИСО 15489 «Информация и документация. Управление документами»: сравнительный анализ новой и старой версий / О.С. Иванилова, Л.Н. Варламова // Делопроизводство. 2018. № 2. С. 8–18.
2. *Сингатулин В.Н.* Анализ управления качеством на предприятии в современной цифровой экономике / В.Н. Сингатулин, Д.С. Малыхина, О.В. Пшеничникова // Стратегия формирования экосистемы цифровой экономики. 2020. С. 251–256.
3. *Маркасова А.Н.* Процессный подход к управлению деятельностью предприятия - путь к достижению устойчивого успеха / А.Н. Маркасова, А.А. Дудукчян, Е.О. Ермолаева // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 25–27 мая 2020 года. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 2020. С. 174-175.
4. *Обухова, Е.В.* Автоматизация процессов системы менеджмента качества с использованием систем графического моделирования / Е.В. Обухова, Д.В. Россиева, Е.О. Ермолаева // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 12–13 октября 2017 года. Кемерово: Кузбасский гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 281-283.

## **МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

**П.В. Готишан, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Статья рассматривает возможность объединения оценки рисков, оценки жизненного цикла и многокритериального анализа решений для оценки экологических аспектов в системе экологического менеджмента. Предлагаемый подход акцентирует внимание на вероятностной причинно-следственной связи отношений аспект-путь-рецептор-воздействие, подкрепляет принятие решений количественными и качественными данными.*

**Ключевые слова:** экологический аспект, система экологического менеджмента, оценка жизненного цикла, многокритериальная оценка, оценка рисков

## **MULTI-FACTORY ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM**

**P.V. Gotishan, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Article considering the possibility of combining risk assessment, life cycle assessment and multi-criteria decision analysis for the assessment of environmental aspects in an environmental management system. The proposed relationship approach focuses on the probabilistic aspect-pathway-receptor-effect relationship, supports the calculations with quantitative and quantitative data.*

**Keywords:** environmental aspect, environmental management system, life cycle assessment, multi-criteria assessment, risk assessment

Оценка экологических аспектов играет одну из ключевых ролей в системе экологического менеджмента на основе стандарта ISO 14001:2015 [1], поскольку он используется для определения экологических целей организации. Существующие методы оценки экологических аспектов подразделяются на три категории [2]: основанные на оценке рисков (ОР), оценки жизненного цикла (ОЖЦ) и методы, основанные на критериях.

Первая категория определяет аномальные или случайные аспекты, а также вероятностную причинно-следственную связь аспект-путь-рецептор-воздействие, но при оценке воздействия, оказываемого на окружающую среду, он не может обеспечить прочную теоретическую базу. Вторая категория обеспечивает теоретическую базу для оценки воздействия на окружающую среду благодаря оценке жизненного цикла, но не может адекватно представлять вероятностную связь аспект-путь-рецептор-воздействие. Третья категория делает акцент на значимости оцениваемого критериях, но используемые методы оценки слишком просты.

Для получения более объективной и полной картины оценки экологических аспектов предлагается интегрировать рассмотренные выше методы в единый подход. Это позволит объединить преимущества этих трех категорий исследований. Новый метод будет сочетать в себе ОР, ОЖЦ и многокритериальный анализ решений (МАР).

Интегрированная структура включает в себя методы ОЖЦ для идентификации причинно-следственных связей аспекта-пути-рецептора, использует метод нечеткой логики для оценки аспектов, учитывающих изменяющиеся условия, и использует новый МАР – многокритериальную и многосвязную комплексную оценку – оценить значимые аспекты в системе экологического менеджмента (СЭМ).

СЭМ используется организацией для разработки и реализации своей экологической политики и управления ее экологическими аспектами. Экологический аспект определяется как элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который взаимодействует или может взаимодействовать с окружающей средой. Экологическое воздействие определяется как изменение в окружающей среде отрицательного или положительного характера, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации.

Экологический аспект считается значительным, когда он оказывает или может оказывать значительное воздействие на окружающую среду. Ключом к успешной СЭМ является целесообразная идентификация и оценка экологических аспектов и их потенциального воздействия, поскольку наиболее значимые экологические аспекты играют решающую роль в формировании эффективной экологической политики с точки зрения определения целей и задач, обеспечивая в ней основу для всей СЭМ.

Однако СЭМ не предусматривает метода оценки экологических аспектов, а лишь некоторые общие руководящие принципы. Методологические вопросы, связанные с оценкой аспектов, в значительной степени упускаются из виду.

Общая схема оценки значимых экологических аспектов представлена на рис. 1 [3].

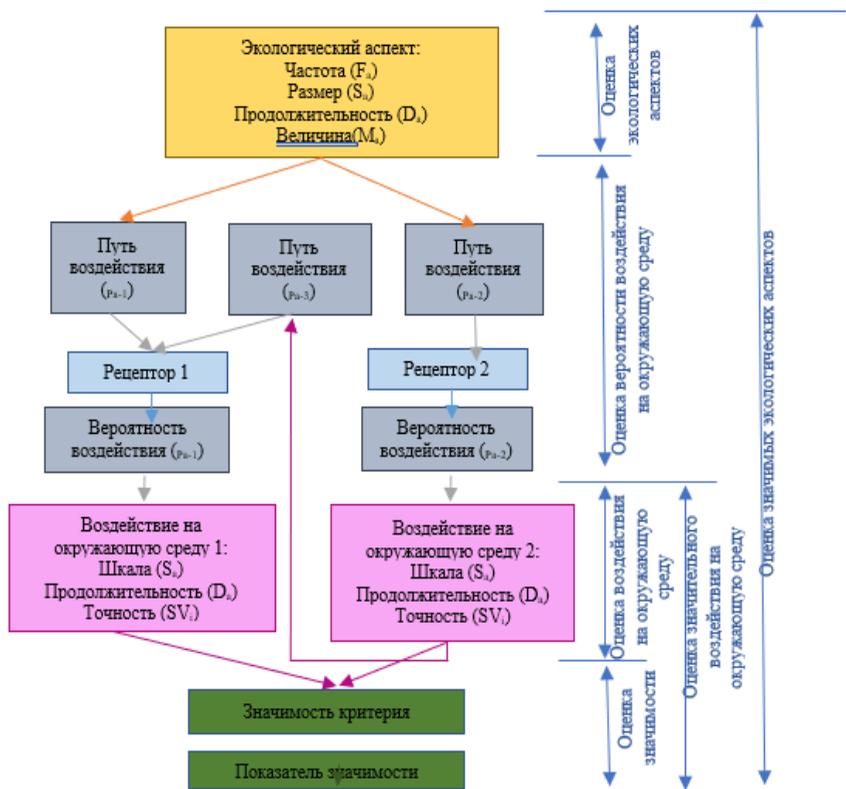


Рис. 1. Схема исследований при оценке значимых экологических аспектов

Критическими элементами представленной на рис. 1 схемы являются экологические аспекты, пути воздействия, рецепторы и воздействия.

Рецепторы рассматриваются, потому что воздействия варьируются в зависимости от разных рецепторов, и дальнейшее исследование воздействия не требуется, если не существует рецептора или пути.

Причинно-следственная связь для воздействия аспект-путь-рецептор может быть идентифицирована с помощью таких методов, как

анализ причинно-следственных связей, ОЖЦ и т. д. Следует отметить, что экологический аспект может вызвать несколько воздействий, и иногда одно воздействие может повлиять на другое.

После того как причинно-следственные связи идентифицированы, предлагается четырехэтапная оценка:

- Оценка экологического аспекта включает в себя его частоту, размер, продолжительность, величину.

- Оценка вероятности воздействия на окружающую среду разделяется на два компонента: вероятность воздействия какого-либо рецептора на данный аспект и вероятность последствия, возникающего в результате воздействия данного аспекта.

- Экологическое воздействие оценивается на основе его масштаба, продолжительности, серьезности и т.д.

- Оценка значимости охватывает определение критериев значимости и расстановку приоритетов экологических аспектов/воздействий в соответствии с этими критериями.

Таким образом, объединение методов ОР, ОЖЦ и МАР, включает семь этапов:

- включение концепции ОЖЦ для идентификации причинно-следственной связи аспект-путь-рецептор-воздействие,

- использование нечеткой логики для оценки серьезности аспектов окружающей среды,

- применение коэффициента серьезности для сравнения со стандартными значениями,

- оценка вероятности воздействия рецепторов на аспект,

- оценка вероятности последствия, возникающего в результате воздействия аспекта,

- использование метода вершин для расчета риска воздействия,

- использование МАР для установления критериев значимости и экологических аспектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 14001-2015 Environmental management systems. Requirements with guidance for use. URL: <https://docs.cntd.ru/document/431848291> (дата обращения 16.03.2022).

2. Методология оценки экологических рисков в нефтегазодобывающем и химическом комплексах / Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, Т.Ю. Фрезе, Н.В. Колачева // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2017. № 1(39). С. 11-16.

3. *Kevin Fong-Rey Liu*. Combining risk assessment, life cycle assessment, and multi-criteria decision analysis to estimate environmental aspects in environmental management system // International journal of life cycle assessment. 2012. V. 17, no.7. P. 845-862.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**В.М. Гулин, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается машиностроительная отрасль и основные проблемы, которые имеются в данной отрасли. Для их решения предлагается использовать один из новых инструментов управления качеством: древовидную диаграмму, поскольку она позволяет разложить причину на несколько более простых причин за счет детализации на различных уровнях. Также рассматриваются достоинства и недостатки этого инструмента менеджмента качества, возможности его применения в машиностроительной отрасли и приводится пример применения диаграммы для проблемы, связанной с наличием квалифицированного персонала.*

**Ключевые слова:** древовидная диаграмма, машиностроительная отрасль, инструменты менеджмента качества, персонал организации

## **APPLICATION OF NEW QUALITY MANAGEMENT TOOLS IN THE ENGINEERING INDUSTRY**

**V.M. Gulin, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the machine-building industry and the main problems that exist in this industry. To solve them, it is proposed to use one of the new quality management tools: a tree diagram, since it allows you to decompose the cause into several simpler causes by detailing at various levels. The advantages and disadvantages of this quality management tool, the possibilities of its application in the machine-building industry are also considered, and an example of using a diagram for a problem related to the availability of qualified personnel is given.*

**Keywords:** tree diagram, machine-building industry, quality management tools, organization personnel

Машиностроение – важнейшая отрасль экономики России, охватывающая треть всех промышленных предприятий государства, это около 50000 предприятий и организаций из 5 отраслей машиностроительного сектора, объединяющих более 200 подотраслей [1]. По итогу двух кварталов 2021 года машиностроение показало высокий темп роста на низкой базе и дефиците предложения. Так по итогу первой половины прошедшего года суммарный рост по всем отраслям машиностроения составил 23,4% в сравнении с предыдущим 2020 годом. Например, был зафиксирован рост почти на 50% в производстве автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов и на 20,3% – производство транспортных средств и оборудования [2].

Однако, несмотря на растущие показатели в машиностроительной отрасли, имеется ряд проблем. Одна из главных проблем связана с износом основных фондов (ОФ). Т.е. основные производственные фонды испытывают физический, моральный и социальный износ, что означает частичную или полную утрату основными фондами потребительских свойств и стоимости, как в процессе эксплуатации, так и при их бездействии. Например, устаревание зданий, сооружений, оборудования – все это требует своевременной замены.

Другой не менее важной проблемой является потребность в высококвалифицированном персонале. Из года в год возрастает средний возраст высококвалифицированных сотрудников, что означает уменьшение притока молодых специалистов. Это приводит к сложностям в освоении новых, современных, передовых технологий в производстве. Также данная проблема отражается на износе основных фондов, поскольку неопытные специалисты не всегда рационально используют средства труда предприятия, тем самым уменьшают его срок полезного использования.

Третья проблема основана на внутреннем рынке. Имеется ввиду преобладание импортной продукции. Поскольку преобладают импортные поставки, то уменьшаются заказы у отечественных предприятий, соответственно, увеличиваются простои оборудования, потребность в персонале. Таким образом, ликвидируются цеха предприятий или даже целые предприятия. Другая проблема внутреннего рынка касается низкого уровня платежеспособного населения и т.п.

Четвертая проблема связана с внешним рынком, например, сокращение величины экспортируемой продукции, что ведет к уменьшению количества поставок отечественной продукции, в то время как зарубежная продукция для машиностроительной отрасли захватывает внутренний рынок. Так по итогу первой половины 2021 года доля импорта машин и оборудования в денежном эквиваленте увеличилась на 38,9% [3].

Решать эти проблемы в таком виде неудобно и даже нерационально, поэтому было предложено разложить каждую из выявленных про-

блем на составные части, т.е. на маленькие проблемы, решать которые значительно легче. Для этого будет использоваться один из новых инструментов управления качеством как древовидная диаграмма.

Данный инструмент предполагает решение существующей проблемы путем построения многоуровневого дерева причин. Он позволяет разложить поставленную задачу на несколько более простых составляющих ее элементов, устанавливая причинно-следственную связь, или же позволяет упорядочить возможные причины исследуемой проблемы. Каждый отдельный уровень можно рассмотреть в виде отдельного пункта плана, который необходим для решения проблемы, тем самым структурируется процесс трудовой деятельности. Соответственно, данный инструмент позволяет решать целый комплекс задач.

Древовидная диаграмма используется в следующих случаях, когда:

1. необходим всесторонний, комплексный анализ проблемы;
2. есть неясность выдвигаемых требований по отношению к продукции, услуге, рассматриваемому объекту [4].

Среди достоинств древовидной диаграммы можно выделить:

- простоту и наглядность;
- структурированность.

При этом недостатком выступает субъективность расположения элементов на различных уровнях причин.

Рассмотрев сущность древовидной диаграммы, условия применения, достоинства и недостатки, а также этапы построения, была построена древовидная диаграмма для одной из проблем машиностроительной отрасли (потребность в высококвалифицированном персонале). Выбор данной проблемы основывался на том, что персонал – важнейший ресурс любой организации, без которого невозможно ее существование. Для выявления наиболее значимых проблем, было проведено ранжирование с учетом значимости. В качестве экспертов выступили студенты направлений обучения «Экономика» и «Управление качеством».

В итоге проблему нехватки высококвалифицированного персонала удалось разложить на 12 простых причин: предприятие работает в убыток, штрафы за нарушение трудовой дисциплины, сотрудник без опыта работы/нехватка знаний, сотрудник не следит за рабочим местом, бездействие руководящего звена, несовершенство технологического процесса, нехватка сотрудников СУП, плохое или полное отсутствие взаимодействия предприятия с ВУЗом, неквалифицированный преподавательский состав, отсутствие практик на предприятиях машиностроительной отрасли, отсутствие возможности профессионального развития сотрудников и низкий уровень мотивации.

Также был рассчитан коэффициент конкордации, а его значение свидетельствовало о статистической значимости расчетного значения критерия хи-квадрат.

Таким образом, наиболее значимыми причинами нехватки высококвалифицированного персонала на предприятиях машиностроительной отрасли выявлены следующие:

- предприятие работает в убыток;
- сотрудник без опыта работы / нехватка знаний / мастерства;
- неквалифицированный преподавательский состав;
- отсутствие практик на предприятиях машиностроительной отрасли;
- отсутствие возможности профессионального развития сотрудников;
- низкий уровень мотивации.

Таким образом, в рамках данной статьи была рассмотрена машиностроительная отрасль и определены основные проблемы, касающиеся входящих в нее предприятий. Для упрощения решения определенных проблем, было предложено применить один из новых инструментов менеджмента качества, такой как древовидная диаграмма. Применяв данный инструмент, определили наиболее приоритетные причины, которые необходимо решить для достижения наибольшего эффекта на предприятиях машиностроительной отрасли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машиностроительная отрасль РФ. URL: <https://fin-plan.org/lk/industries/mechanical-engineering/> (дата обращения 15.03.2022).
2. Обзор машиностроения: фактор низкой базы и дефицит предложения URL: [https://riarating.ru/industry\\_newsletters/20210922/630209058.html](https://riarating.ru/industry_newsletters/20210922/630209058.html) (дата обращения 15.03.2022).
3. Динамика импорта товаров в РФ за последние несколько лет, отраслевая структура ввозимых товаров. [URL: <https://journal.open-broker.ru/research/import-vazhnejshih-tovarov-v-rf/>](дата обращения 15.03.2022).
4. Современные инструменты менеджмента качества в системе управления персоналом организации. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44684918>(дата обращения 15.03.2022).

## **ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА**

**П.Е. Евдокимова, Я.В. Галахова, Е.Н. Маркасова, Е.Э. Потапов**

Научный руководитель – **Е.О. Ермолаева**, д-р техн. наук, профессор

Кемеровский государственный университет

*В данной статье раскрывается тема проблем использования СМК, с которыми сталкивается почти каждая организация. Обозначены методы для решения частных проблем.*

**Ключевые слова:** СМК, ИСО 9001, проблемы, решения, совершенствование, предприятие

## **FOUR MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**

**P.E. Evdokimova, Ya.V. Galakhova, E.N. Markasova, E.E. Potapov**

Scientific Supervisor – **E.O. Ermolaeva**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Kemerovo State University

*This article reveals the topic of the problems of using the QMS, with consideration of almost every organization. Methods for solving mobile problems are outlined.*

**Keywords:** QMS, ISO 9001, problems, solutions, improvement, enterprise

Сегодня внедрение системы менеджмента качества набирает популярность среди организаций. Эта система востребована не только на предприятиях, которые занимаются производством продукции, но и среди таких отраслей, например, учебная деятельность, спорта и других компаний, которые предоставляют разные услуги. Также СМК – это универсальная система, которая является основоположником некоторых стандартов и легко интегрируется с другими системами менеджмента. Но как и в любой системе здесь тоже могут быть проблемы [1].

Принято, что основополагающим элементом качественной продукции выступает эффективно внедренная и функционирующая система менеджмента качества (СМК). Но в реальном мире, чтобы СМК действительно работала эффективно и результативно, она должна внедряться

повсеместно в организации и продумывать до самых незначительных деталей, обязательно должны учитываться: отрасль организации, различные преимущества и недостатки производства, конкурентноспособные преимущества производимой продукции и т.д. Но нет предела совершенству. Основываясь на данных исследований, 11 тысяч российских компаний получили сертификат соответствия ИСО 9001, однако специалисты считают, что внедренная СМК работает эффективно только одной четвертой процентов организаций [2].

В области СМК многоразличных проблем, но из них можно выделить 4 самых важных, которые непросто найти, не зная системы.

Проблема № 1. «Перенасыщение» штата.

Рабочий персонал выступает основным ресурсом для обеспечения эффективного и бесперебойного функционирования как бизнеса, так и СМК. Нередко руководители руководствуются принципом, что чем больше подразделение управления качеством, тем быстрее оно выполняет сложную задачу. Но в реальном мире ситуация совсем другая. В данном случае все обязанности, самой малой частью затрагивающие систему управления качеством, ставятся перед сотрудниками такого подразделения. Данная ситуация способствует замешательству и непониманию среди сотрудников, мешает сосредоточиться на решении изначально поставленных задач, и нарушает один из принципов СМК – вовлечение персонала, что в конечном счете способствует потере отдела управления качеством ценных кадров.

Во избежание данной проблемы необходимо понимать реальную потребность в специалистах, обычно в отделах качества работает не более 4 сотрудников (для среднестатистических компаний). Требования, предъявляемые к работникам, – наличие высшего образования (управление качеством или экономика и менеджмент). В ином случае можно подобрать специалиста на производстве, т.е. того, кто хорошо разбирается в процессах компании (например, технолог). Обращать внимание в первую очередь нужно на молодых специалистов, так как они более разносторонние личности с широким кругозором и способны быстро разобраться в сути СМК.

Проблема № 2. Нехватка информации.

Чтобы компания обладала новой информацией, касающейся сферы менеджмента качества, информация должна всегда обновляться. Для этого необходим постоянный мониторинг. В большинстве случаев начальники подразделений не интересуются нововведениями в своем направлении и не обучают должным образом своих сотрудников, тем самым экономя денежные ресурсы. В соответствии с этим теряется понятие и, тем самым, выполнение принципа «Постоянное совершенствование» из-за нарушения обмена информацией и получения новых знаний.

Чтобы ликвидировать данные ошибки, необходимо проводить различные конференции, семинары, давать «советы качества» своим сотрудникам. Это должно войти в работу отделов качества. Также важно знакомить сотрудников с соответствующей литературой по качеству, организовывать экскурсии на высокоэффективные предприятия, где внедрена СМК. Необходимо постоянно давать своим сотрудникам новые знания для поддержания и развития деятельности своего предприятия.

Проблема № 3. «Нерезультативная» результативность.

Определить верные коэффициенты результативности СМК задача не из легких.

Результативность всегда должна четко показывать слабые места управления, производства и каждого процесса в отдельности. В противном случае, если результативность будет оцениваться условно, то тогда становится сложно выявить уязвимые места любого процесса в управлении качеством, а также оценить шансы на совершенствование системы, и вся работа по мониторингу процессов будет пустой тратой ресурсов и времени.

Когда все участники процессов и сотрудники отделов управления качеством будут тщательно разбирать коэффициенты результативности и на постоянной основе прорабатывать все критерии оценки, тогда есть возможность оформить план для мониторинга процесса, который будет точно определять его работу.

Имеющийся опыт работы даёт возможность отметить, что решать необходимо несколько подпроблем:

Первая подпроблема заключается в том, что на предприятии персонал не умеет прорабатывать методику оценки, которая отвечала бы всем требованиям. Возникнуть эта проблема может по различным причинам, например, невовлечённость в работу владельцев процессов, недостаток нужной информации или плохой уровень образования работников отдела управления качеством и т.д.

Как прийти к правильному решению, чтобы больше не возвращаться к этой проблеме? Вероятней всего, обратиться к консалтинговой компании для консультации по СМК, которая обучит сотрудников предприятия всем тонкостям системы, подробно разберёт процесс и направит к правильному решению данной подпроблемы.

Вторая подпроблема уже намного сложнее.

Для нее характерно следующее: сотрудники организации уже значительно больше разбираются в области системы менеджмента и способны разрабатывать и разбирать план оценки мониторинга процесса. Если план есть, то он в большей степени удовлетворяет всем требованиям СМК, но когда наступает момент подсчета результативности, система может оказаться нерезультативной. Как только провели подсчёт, высшее

руководство принимает решение, что коэффициент К5, который показывает качество упаковки продукта, был внедрен в прошлом году, и сравнивать его не с чем, поэтому и расчет не нужен. Или, например, К6, который показывает уровень брака сборочного цеха, нужно быстро убрать из расчета результативности, по той причине, что он абсолютно бесполезен и не несёт никакой информации.

Как не допустить подобного, никогда не исключать «бесполезные» коэффициенты в срочном порядке, а, наоборот, делать выводы и разрабатывать корректирующие мероприятия, обязательно контролировать и обращать внимание на повторяющиеся проблемы.

Проблема № 4. Нехватка осведомленности.

Ходит разное мнение, что многие говорят о том, что качество – это первостепенная задача компании, которая должна откладываться в голове у всех сотрудников. Поэтому специалист или персонал отдела управления качеством обязаны проводить дополнительное обучение и проводить мониторинг на знание системы.

Некоторые руководители заведомо упускают моменты требований стандартов, чтобы персонал не задавал лишних вопросов, что, конечно же, является грубой ошибкой.

Для устранения этой проблемы необходимо проводить множество совещаний, различных разъяснительных мероприятий, отвечая на вопросы сотрудников. Это поспособствует вовлечению персонала, выявит настоящие проблемы, повысит производительность работы и увеличит авторитет руководителя [3].

Таким образом, устранив все вышеперечисленные проблемы, руководство компании способно будет вывести СМК на должный уровень, поможет системе функционировать на постоянной основе, установит порядок внутри организации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фурсов Е.А.* Работает ли система менеджмента качества? / Е.А. Фурсова, Е.О. Ермолаева // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 30 июня 2020 г. Кемерово: ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2020. С. 54-55.
2. *Павлова В.В.* Качество организаций и смысл стандарта ISO 9001:2015 / В.В. Павлова, З.В. Старовойтов, И.Ю. Резниченко // Научный форум: тенденции развития науки и общества: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29 декабря 2021 г. Кемерово: ООО "Западно-Сибирский научный центр", 2021. С. 30-32.
3. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учеб. пособие / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.И. Корешков, А.Г. Схиртладзе. СПб.: Питер, 2008. 90 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ИНСТРУМЕНТАМИ  
БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ  
ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ»**

**Е.Н. Еремеева, А.Н. Буланов**

Научный руководитель – **А.Н. Буланов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Статья посвящена вопросам совершенствования технологии производства. На примере предприятия ПАО «Автодизель», рассмотрена концепция «Бережливого производства», ее основные инструменты и сущность. В ходе изучения технологического процесса производства распределительного вала были разработаны рекомендации по его улучшению.*

**Ключевые слова:** качество, система менеджмента качества, производство распределительного вала, бережливое производство, dfma-анализ

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION  
OF THE CAMSHAFT WITH THE TOOLS OF LEAN  
PRODUCTION ON THE EXAMPLE OF THE ENTERPRISE  
PJSC «AVTODIESEL»**

**E.N. Eremeeva, A.N. Bulanov**

Scientific Supervisor – **A.N. Bulanov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article is devoted to the issues of improving production technology. On the example of the enterprise PJSC "Avtodiesel", the concept of "Lean production", its main tools and essence are considered. In the course of studying the technological process for the production of a camshaft, recommendations were developed for its improvement.*

**Keywords:** quality, quality management system, camshaft production, lean manufacturing, DFMA analysis

Изменения направлений развития российской экономики в технологической, информационной, финансовой и демографической сферах,

возникшие в последние годы, оказывают влияние на промышленные субъекты, в том числе на российские машиностроительные предприятия. Вследствие этого им необходимо принимать комплексные меры по повышению экономической эффективности своей деятельности.

Актуальность темы данной работы обусловлена тем, что с каждым годом увеличивается количество предприятий, которые занимаются производством в различных отраслях. Технологии не стоят на месте, рынок постоянно создает условия для постоянной конкуренции, где важнейшими аспектами являются качество и сроки, каждая компания хочет идти в ногу со временем, а для этого требуется постоянная модернизация и совершенствование производственных процессов.

Бережливое производство – это концепция управления производственным предприятием, которая основана на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь. Данный подход направлен на уменьшение количества действий, не добавляющих ценности продукту на протяжении всего его жизненного цикла [1]. Основными целями бережливого производства являются:

- снижение издержек и трудозатрат;
- сокращение сроков создания продукции;
- сокращение производственных и складских площадей;
- гарантия доставки продукции заказчику;
- максимальное качество при определенной стоимости или минимальная стоимость при определенном качестве.

Среди российских предприятий одними из первых к внедрению бережливого производства приступили такие крупные промышленные компании, как КамАЗ, Группа ГАЗ, ВСМПО-АВИСМА, Русал, Евраз-Холдинг, Еврохим и др. К сожалению, причиной совершенствования процессов являются проблемы, с которыми сталкиваются предприятия, а не их желание модернизации производства. Только когда падает рентабельность, покупатели выражают свое недовольство, увеличивается уровень брака, производители начинают искать пути совершенствования своего производства. Но главное то, что, получив первый эффект, они не останавливаются на достигнутом, понимая, что только постоянное следование принципам новой системы приведет к максимальной отдаче [2].

В данной работе в качестве инструмента бережливого проектирования для устранения потерь в жизненном цикле использовалось проектирование с учётом требований технологии изготовления изделия и сборки (DFMA).

Большая часть инструментов бережливого производства, около 80%, используется на этапе производства и только 20% – на этапе разработки продукта (анализ FMEA).

По этой причине все большую популярность стал приобретать один из методов организации работы – метод проектирования для изготовления и сборки (далее – DFMA).

DFMA – это набор методологий и принципов, регулирующих процесс разработки и внедрения продуктов в производство таким образом, чтобы заранее оптимизировать все этапы жизненного цикла продукта (производство, сборка, тестирование, закупка, доставка и обслуживание).

Метод DFMA в целом делится на два взаимодополняющих метода: DFA – Design for Assembly (проектирование с учетом условий сборки) и DFM – Design for Manufacturing (проектирование с учетом производственных условий) [3].

В ходе изучения данной темы были рассмотрены данные методики DFMA на примере детали - распределительного вала, производимого на территории ПАО "Автодизель", которое является одним из крупнейших российских предприятий по выпуску многоцелевых дизельных двигателей, сцепления, коробки передач, запчасти к ним, а также стационарные агрегаты на их основе [4]. Так как распределительный вал является одной из важных частей газораспределительного механизма, то надежность и бесперебойность работы двигателя внутреннего сгорания, а также экологические показатели двигателя зависят от технологии его изготовления, что особенно важно в настоящее время, когда количество транспортных средств растет особенно интенсивно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CYBERLENINKA - научная электронная библиотека. Анализ особенностей внедрения бережливого производства на отечественных предприятиях. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osobennostey-vnedreniya-berezhlivogo-proizvodstva-na-otechestvennyh-predpriyatiyah> (дата обращения 28.02.2022).
2. *Фролов В.П.* Внедрение технологий бережливого производства в управление производством и организацию рабочих мест: монография / В.П. Фролов. 2-е изд. М.: «Дашков и К», 2022. 77 с.
3. Product Simplification Using DFMA. URL: <http://www.dfma.com/forum/2018pdf/Devenishpaper.pdf> (дата обращения 06.03.2022).
4. Официальный сайт «ЯМЗ». URL: <https://www.yzmotor.ru/> (дата обращения 10.03.2022).

## **ВНУТРЕННИЙ АУДИТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

**М.В. Жигалова, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

*В статье дается характеристика видов внутреннего аудита. Внутренний аудит рассматривается как фактор развития организации.*

***Ключевые слова:** аудит качества, внутренний аудит качества, стандарт, аудитор, развитие организации*

## **INTERNAL AUDIT AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION**

**M.V. Zhigalova, I.V. Ivanova**

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

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article describes the types of internal audit. Internal audit is considered as a factor in the development of the organization.*

***Keywords:** quality audit, internal quality audit, standard, auditor, organization development*

Согласно ГОСТ Р ИСО 19011-2021 Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента «внутренние аудиты, иногда называемые "аудитами первой стороны", проводятся самой организацией или от ее имени для анализа со стороны руководства или других внутренних целей (например, для подтверждения намеченных показателей результативности системы менеджмента или для получения информации по улучшению системы менеджмента) и могут служить основанием для декларации о соответствии» [1]. Если говорить более простым языком, внутренний аудит – это проверка деятельности внутри самой организации,

проводимая для выявления и устранения рисков и несоответствий в настоящем и улучшения эффективности производства в будущем.

Эволюцию мирового аудита как формы независимого контроля можно представить следующими стадиями развития:

- системно-ориентированный аудит, направленный на всестороннее изучение и анализ системы внутреннего контроля как ключевого компонента, влияющего на качество бухгалтерского учета и финансовой информации, содержащейся в отчетности;

- подтверждающий, ориентированный на изучение аудит первичных документов и учетных регистров, а также подтверждение финансовой отчетности во всех существенных аспектах;

- аудит, базирующийся на риске и направленный на рассмотрение бизнеса клиента через анализ факторов, способных оказывать существенное влияние на финансово-хозяйственную деятельность экономического субъекта.

Как фактор развития внутренний аудит может решать следующие задачи:

- осуществление проверки выполнения рекомендаций, данных при проведении прошлых проверок;

- обнаружение погрешностей в отчетах из-за невнимательности или незнания требований составления документов персонала;

- осуществление тщательной проверки конкретного поздравления по требованию руководителя;

- осуществление контроля финансов предприятия;

- поддержка интересов предприятия;

- проведение аудитором собраний для персонала для обозрения вопросов о правильном проведении внутренних или внешних аудитов (с предоставлением методических пособий, видеоматериалов и т.п.)

- формирование коммуникативных отношений с персоналом для достижения успешной проверки предприятия внутренним аудитором;

- сотрудничество с внешними аудиторами и членами контролирующих органов во время проверок.

Внутренний аудитор может проверять как все предприятие в целом или акцентировать свое внимание на конкретном подразделении. Поэтому существуют несколько видов аудита [2].

Основными видами аудита являются аудит СМК, аудит процесса и аудит продукции.

Аудит СМК предполагает осуществление проверки выполнения подразделениями предприятия требований системы менеджмента качества. Во время проверки аудитор проверяет наличие документов СМК, доступность документации, знание персоналом требований СМК, соответствие документации установленным требованиям, применение документов

в работе предприятия. Также внутренний аудитор фиксирует выявленные риски и несоответствия и составляет корректирующие и предупреждающие действия, выполнение которых также будут контролироваться при следующей проверке (как в случае и с другими видами аудита).

Аудит процесса поэтапно отслеживает взаимосвязи между процессами в рамках системы предприятия и анализирует каждое действие от входа до конечного результата, то есть выхода. Аудитор анализирует цель и запланированный результат на входе, рассматривает необходимые ресурсы и средства и методы управления, определяет последовательность действий. Особая ценность данного аудита в проверке не отдельных требований и показателей, а ориентированность на весь производственный цикл и общий результат.

Аудит продукции хорош тем, что ориентирован на потребителя и его требования, так как проверяется конечная продукция и ее соответствие установленным требованиям. Проверка осуществляется в виде дополнительных испытаний продукции, уже находящейся на складе. Объективно оценивается достижение требуемых показателей продукции и сохранение этих показателей для будущих партий. Во время проверки выбирается партия на складе, проверяется наличие документов на продукт, условия хранения, соответствие маркировки, упаковки, комплектации.

Также можно выделить:

- финансовый аудит, осуществляющий проверку финансовой деятельности предприятия и который в качестве критериев оценивания рассматривает введение бухгалтерского учета;

- аудит на соответствие, оценивающий не только соблюдение требований СМК, но и требования различных законов, правил, инструкций, договорных условий и т.п. [3];

В зависимости от способа планирования и проведения аудита различают:

- вертикальный аудит. Он проводится в отдельных подразделениях организации по всем элементам СМК;

- горизонтальный аудит. Он проводится по элементам СМК во всех подразделениях, ответственных за проверяемые элементы [4].

Аудитор сам выбирает метод проверки в зависимости от требования руководства или по необходимости [5].

Подводя итог, можно сказать о том, что в современном мире, где в условиях конкурентной среды остро стоит необходимость в системе управления деятельностью предприятия, аудит качества будет актуален всегда. Контроль над состоянием дел становится приоритетной задачей, так как нарушение функционирования предприятия может сильно отразиться на его развитии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 19011-2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента. М.: Стандартиформ, 2013.
- 2 *Крышкин О.В.* Настольная книга по внутреннему аудиту. Риски и бизнес-процессы. М., 2013. 80 с.
- 3 *Арабян К.К.* Особенности развития российского аудита // Аудитор. 2011. № 3. С. 23.
- 4 *Бурцев В.В.* Организация системы внутреннего контроля в коммерческой организации / В.В. Бурцев. М., Экзмен, 2000. 320 с.
- 5 *Комиссарова Е.С.* Перспективы внутреннего аудита к 2012 г. // Управленческий учет. 2011. № 1. С. 107.

## ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

**Е.А. Змеева, К.В. Некипелова, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с применением статистических методов управления качеством продукции. Увеличение производства высококачественной продукции на российских предприятиях в конечном итоге должно привести к интенсификации экономики, росту жизненного уровня населения, повышению конкурентоспособности российских товаров на внутреннем и внешнем рынках. Это можно достичь: правильно применяя и используя статистические методы при производстве и контроле качества продукции на предприятиях.*

**Ключевые слова:** качество продукции, статистические методы, управление качеством, производство, продукция

## APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF PRODUCT QUALITY MANAGEMENT

**E.A. Zmeeva, K.V. Nekipelova, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses issues related to the use of statistical methods of product quality management. An increase in the production of high-quality products at Russian enterprises should ultimately lead to an intensification of the economy, an increase in the standard of living of the population, and an increase in the competitiveness of Russian goods in the domestic and foreign markets. This can be achieved: by correctly applying and using statistical methods in the production and quality control of products at enterprises.*

**Keywords:** product quality, statistical methods, quality management, production, products

Многие предприятия тратят свои ресурсы на производство продукции, которая оказывается негодной с последующим вложением затрат

на их устранение или переделку. Вложение средств в создание несоответствующего продукта весьма убыточно, поэтому деятельность предприятия должна быть нацелена на изготовление 100% годной продукции, которая бы в полной мере соответствовала требованиям потребителя [1].

Процесс производства продукции рассматривается как взаимосвязанная сеть процессов, а статистические методы применяются для каждого из процессов жизненного цикла продукции, начиная с процессов менеджмента и проектирования, заканчивая процессами контроля и принятия управленческих решений.

Цель методов статистического контроля –исключение случайных изменений качества продукции. Такие изменения вызываются конкретными причинами, которые необходимо установить и принять меры для их устранения [2].

Статистические методы являются важным условием управления качеством продукции на предприятии. Есть целая группа методов, которые основаны на статистическом подходе, используются на всех стадиях жизненного цикла продукции и наиболее часто применяются на предприятиях. Эти методы получили название «Семь простых инструментов качества»:

1. Контрольный листок используется для сбора данных, чтобы изучить выборки наблюдений. Он позволяет ответить на вопрос: как часто происходит определенное событие (например, появление того или иного дефекта/несоответствия).

2. Контрольные карты – нанесенные на график временные ряды с указанными верхними и нижними границами. Эти границы называются ВКП (верхний контрольный предел), ЦЛ (центральная линия) и НКП (нижний контрольный предел).

С помощью этих линий можно проследить следующие зависимости:

- если слишком большое количество экспериментальных точек находится выше ВКП (ниже НКП), это означает, что с процессом происходит что-то неладное;
- если ряд экспериментальных точек находится между ЦЛ и ВКП (или ЦЛ и НКП), это также означает, что процесс требует вмешательства и др.

3. Гистограмма служит для распределения данных о параметрах изделия с помощью столбикового графика. С помощью гистограммы можно получить информацию о категоризации измеряемых параметров изделия, оценить степень разброса данных относительно среднего значения, подобрать аппроксимирующее теоретическое распределение.

4. Стратификация – один из инструментов качества, предназначенный для выявления закономерности в массиве данных за счет их разделения. Стратификация применяется в том случае, когда данные из различных источников сосредоточены вместе и это мешает определить структуру или их системность. Как правило, этот инструмент используют совместно с другими инструментами анализа данных.

5. Диаграмма Парето используется в ситуациях, когда требуется представить относительную важность всех проблем либо условий с целью выбора отправной точки для решения проблемы. Диаграмма Парето – столбиковый график, с помощью которого определяются рассматриваемые проблемы и выделяются наиболее существенные.

6. Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы) применяется для исследования и анализа всех возможных причин или условий. Такая диаграмма была разработана для представления соотношений между следствием, результатом и всеми возможными причинами, влияющими на них.

7. Диаграмма рассеяния – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи между параметрами соответствующих переменных. Данный инструмент помогает определить связь между двумя переменными, которые могут относиться к характеристике качества и влияющему на нее фактору [3].

Таким образом, эффект от внедрения статистических методов управления качеством достигается не только за счет предупреждения брака и снижения затрат на контроль изготавливаемой продукции, но и за счет совершенствования самих процессов, что ведет к созданию продукции или услуг более высокого качества.

Практика внедрения статистических методов на российских предприятиях показывает, что среди всех требований к системам качества, это – наиболее слабое место. Статистические методы внедряют «для галочки», так как отсутствие понятия «статистические методы» не позволяет получить сертификат соответствия на систему менеджмента качества [4].

К основным причинам отказа от использования статистических методов, которые необходимо устранять и(или) не допускать при внедрении, можно отнести:

- отсутствие заинтересованности и понимания высшего руководства;
- нехватка квалифицированных специалистов в области статистических методов и управления качеством;
- боязнь нового, нежелание разобраться, непонимание необходимости использования статистических методов;
- увеличение объема работ;

- отсутствие экономической заинтересованности предприятий во внедрении статистических методов [5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Басовский Л.Е.* Управление качеством: Учебник / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. М.: ИНФРА-М, 2004. 212 с.
2. Статистические методы управления качества. URL: [https://studref.com/703577/menedzhment/statisticheskie\\_metody\\_kontrolya\\_kachestva](https://studref.com/703577/menedzhment/statisticheskie_metody_kontrolya_kachestva) (дата обращения 15.03.2022).
3. Семь инструментов качества. URL: <https://qualitybusiness.ru/семь-инструментов-качества/> (дата обращения 15.03.2022).
4. Статистические методы анализа. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36122/1/978-5-7996-1633-5\\_2015.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36122/1/978-5-7996-1633-5_2015.pdf) (дата обращения 15.03.2022).
5. Актуальность использования статистических методов в различных отраслях. URL: <https://mybiblioteka.su/7-78781.html> (дата обращения 15.03.2022).

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА

**А.А. Иванова, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье приведены итоги оценки результативности фармацевтической системы качества (ФСК) на региональном фармацевтическом предприятии. Разработаны рекомендации по улучшению ФСК. Актуальность исследования обусловлена постоянным совершенствованием предприятия в области качества, а также поддержанием качества производимой продукции.*

**Ключевые слова:** фармацевтическая система качества; результативность ФСК; анализ со стороны руководства

## EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE PHARMACEUTICAL QUALITY SYSTEM

**A.A. Ivanova, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article presents the results of evaluating the effectiveness of the pharmaceutical quality system (FQS) at a regional pharmaceutical enterprise. Recommendations for improving the FGC have been developed. The relevance of the study is due to the constant improvement of the enterprise in the field of quality, as well as maintaining the quality of products.*

**Keywords:** pharmaceutical quality system; effectiveness of FGC; management analysis

В стандартах ISO серии 9000 отмечается, что роль высшего руководства в системе менеджмента качества (СМК) является приоритетной. А именно, высшее руководство определяет разработку политики в области качества, оптимальное использование ресурсов, стимулирование во-

влечения сотрудников для результативного функционирования системы качества. Поэтому обсуждение инициатив по внедрению новых методологий всегда начинается с высшего руководства. Высшее руководство должно анализировать через запланированные интервалы времени СМК в целях обеспечения ее постоянной пригодности, адекватности, результативности и согласованности со стратегическим направлением организации. Результативность является показателем успешной деятельности не только всей системы, но и отдельных процессов. Количественная оценка результативности дает возможность обеспечивать постоянное повышение эффективности посредством адекватного использования политики и целей в области качества. Между тем, в отмеченных стандартах нет описания конкретного механизма оценки результативности системы управления компании и ее отдельных процессов. Поэтому вопросы, связанные с проблемой адекватной и объективной оценки, а также последующего анализа результативности ФСК, приобретают вид задачи как теоретической, так и практической значимости и каждое предприятие сталкивается с необходимостью выбора своего способа определения результативности [1].

По мнению А.В. Степанова, оценку результативности СМК необходимо проводить в соответствии с целями в области качества, преимущественно на уровне предприятия, т.е. первичными целями. Вторичные цели – цели в области качества, полученные путем декомпозиции первичных целей до уровня функций, подразделений и процессов, - учитываются при оценке результативности СМК только при недостижении соответствующей первичной цели [2]. М. Армстронг, А. Бэрон считают, что приоритеты качества должны быть сформулированы так, чтобы отражать «не только то, что сделано, но и как. Управление результативностью должно изучать, как именно достигаются результаты, поскольку это позволяет понять, какие меры требуются для дальнейшего роста» [3].

Соответственно, для проведения оценки результативности СМК предприятия необходимо определить планируемые основные цели СМК и сопоставить с ними фактически достигнутые результаты. Достижение соответствия переменных конкретным требованиям является не конечной целью СМК компании, а одним из необходимых условий. Кроме того, такая оценка часто бывает субъективной. Чтобы использовать оценку эффективности СМК как инструмент постоянного улучшения, необходимо обеспечить объективный анализ результатов функционирования СМК.

В настоящее время, несмотря на многочисленные проблемы и противоречия, определяющие невысокий темп разработки и внедрения ФСК, такие системы могут эффективно и результативно функционировать, о чем

свидетельствует изученный передовой опыт содействия внедрению ФСК на отдельных лидирующих предприятиях фармацевтической отрасли.

#### *Объект и методы исследования*

Была проанализирована фармацевтическая система качества предприятия Закрытого акционерного общества «Ярославская фармацевтическая фабрика» (ЗАО «ЯФФ»), г. Ярославль. Предприятие специализируется на выпуске лекарственных препаратов – настоек, экстрактов, капель, растворов, масел, мазей и линиментов. На предприятии ЗАО «ЯФФ» сформирована политика в области качества, целью которой является удовлетворение требований потребителей в приобретении эффективных и недорогих лекарственных препаратов, которые можно найти в любой аптеке.

Анализ результативности ФСК предполагалось проводить по оценке степени достижения ключевых целей рассматриваемой системы, для наглядности они показаны в виде дерева, представляющего иерархическую структуру целей ФСК с изображением причинно-следственных связей (рис. 1). Дерево целей представляет структурированную совокупность целей, в которой вершина дерева является генеральной целью, ветви представляют подчиненные ей подцели последующих уровней.



**Рис. 1. Уровни целей ФСК [4]**

Развитие системы управления качеством, направленной на повышение результативности, включает в себя следующие цели:

- удовлетворенность потребителей;

В соответствии с заявленными характеристиками продукции, качеством предоставляемых услуг зависит успешность осуществления потребностей и требований потребителя.

- соответствие продукции и услуг параметрам, отвечающим требованиям потребителей;

Другими словами определение степени реализации требований, установленных в нормативной документации системы качества организации.

- оценка результативности процессов;

Это может быть оценка деятельности организации в области качества, осуществленной за отчетный период, установление качества работ подразделений организации.

- эффективность потока создания ценности;

Оптимизация потока создания ценности способствует установлению причин, снижающих результативность системы качества, устранение которых позволяет существенно сократить расходы предприятия.

- готовность сотрудников обеспечивать непрерывное совершенствование;

Определение возможностей для улучшения и принятия необходимых решений в виде корректирующих действий (Кд) и предупреждающих действий (Пд) [1].

Рассматривая результаты отчета анализа со стороны руководства, было выявлено, что на предприятии нет должного внимания к внутренним факторам оптимального управления человеческими ресурсами. А именно, предприятие ограничивается анкетированием увольняющихся сотрудников, направленным на выявление причин увольнения, потенциально связанных с деятельностью организации. На предприятии отсутствует система мотивации персонала, необходимая для повышения эффективности его работы. Кроме того, отсутствует система информирования, позволяющая заинтересованным сторонам доводить свои требования до сведения руководства, персонал предприятия не имеет четкого представления о функционировании ФСК. Соответственно, система менеджмента качества не полностью соответствует требованиям ISO 9001:2015 и требует разработки корректирующих и предупреждающих действий. Можно предложить следующие рекомендации по улучшению ФСК предприятия:

- 1) разработать мероприятия, необходимые для организации проведения анализа деятельности подразделения;
- 2) разработать систему мотивации;

- 3) разработать мероприятия, необходимые для организации проведения информирования сотрудниками руководства;
- 4) обеспечить понимание персоналом сущности ФСК и вовлечение персонала в вопросы ее функционирования.

По результатам оценки результативности были разработаны рекомендации по улучшению ФСК в части управления персоналом. В условиях фактического отсутствия целевого управления вовлеченностью персонала на фармацевтических производствах должны внедряться инновационные технологии, включая профессиональные сообщества, философия которых построена на идеологии «кружков качества», заимствованных из классического японского менеджмента [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачева Е.А.* Оценка результативности системы менеджмента качества организации / Е.А. Калачева // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2018. № 1. С. 307–311.
2. *Степанов А.В.* Оценка результативности СМК: методический аспект / А.В. Степанов // Стандарты и качество. 2009. № 1. С. 70-79.
3. *Армстронг М.* Управление результативностью: Система оценки результатов в действии / М. Армстронг, А. Бэрн; пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2012. 248 с.
4. *Попова Л.Ф.* Изучение подходов к анализу результативности систем менеджмента качества отечественных предприятий ОПК / Л.Ф. Попова // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2017. № 3(67). С. 87-91.
5. Методические рекомендации по содействию внедрению фармацевтических систем качества на предприятиях ЕАЭС через управление вовлеченностью производственного персонала / В.А. Смирнов, В.В. Горячкин, В.Н. Шестаков, Р.А. Абрамович // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2021. Т. 10. № 1. С. 136-141.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОЗГОВОГО ШТУРМА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**П.В. Касаткин, А.С. Ермишин**

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматривается особенность применения мозгового штурма в менеджменте качества, достоинства метода и схема проведения.*

***Ключевые слова:** мозговой штурм, креативные идеи, инновационные идеи*

## **APPLICATION OF BRAIN STORMING TO IMPROVE QUALITY MANAGEMENT IN THE COMPANY**

**P.V. Kasatkin, A.S. Ermishin**

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses the peculiarity of brainstorming in quality management, the scheme of arrangements and the advantages of this method.*

***Keywords:** brainstorming, creative ideas, innovative ideas*

Современная эпоха поставила различные острые и трудные вопросы в сфере качества, в свою очередь, человечество разработало некоторые методы их решения, такие как шесть сигм, мозговой штурм, TQM, MBO, SWOT, STEP и т. д. Мозговой штурм является эффективным методом для творческого потенциала генерации идей.

Термин мозговой штурм используется и популяризируется Алексом Фейкни Обсорном в 1953 году в книге «Прикладное воображение». В этой книге Обсорн представил способ и эффективные правила метода.

Мозговой штурм – это метод решения проблем, принятый как один из инструментов управления качеством. Он показывает коллективную творческую силу группы людей.

Brainstorming обеспечивает среда, свободная от критики, для творческого и свободного исследования вариантов и идей решения проблемы [1].

На одном из небольших промышленных предприятий Ивановской области, занимающейся изготовлением и продажей навесного оборудования для экскаваторов и бульдозеров, возникла задача повысить узнаваемость бренда, т.к. клиенты боялись впервые работать с незнакомой компанией, покупать дорогостоящую единицу продукции.

Коммерческий директор инициировал собрание, на котором был поднят вопрос. Среди участников определили весь офисный отдел в количестве 7 человек. Записаны следующие идеи:

1. Развернуть мощную рекламную кампанию.
2. Ездить во все города присутствия клиентов и знакомиться лично.
3. Записать много видео и отправлять клиентам.
4. Разукрасить ковши яркими красками, чтобы выделиться.
5. Выступить по телевизору.
6. Участвовать в выставках.
7. Создать брелки с логотипом компании и бесплатно отправлять потенциальным клиентам.

Лучшие две идеи после 5 бального голосования:

1. Записать много видео и отправлять клиентам.
2. Разукрасить ковши яркими красками, чтобы выделиться.

Существует два типа мозгового штурма, каждый из которых следует выбирать в зависимости от его преимущества и недостатков для получения максимальной выгоды:

1. Структурированный: члены группы садятся в круг, где руководитель способствует мозговому штурму. Лидер записывает идеи на доске. Это упражнение выполняется в определенном порядке, пока каждый человек не внесет свою идею. Если кто-то не готов записать идею, эстафета может быть передана другому участнику, после чего он или она может предложить свою идею.

2. Неструктурированный: члены группы могут сесть в круг или в любой другой форме. Нет никакого порядка в отклике. Лидер мотивирует каждого поделиться своей идеей.

Организация брейнсторма индивидуально или в группах:

1. Индивидуальный мозговой штурм имеет тенденцию генерировать более широкий спектр идей, чем групповой мозговой штурм, но имеет тенденцию не так эффективно развивать идеи, возможно, поскольку люди сами по себе сталкиваются с проблемами, которые они не могут решить. Люди могут исследовать идеи в свое свободное время, не опасаясь критики и не подчиняясь другим участникам группы.

2. Групповой мозговой штурм способствует более глубокому и эффективному развитию идей, когда возникают трудности в развитии идеи одним человеком, творческий потенциал и опыт других людей может быть использован, чтобы преодолеть их. Групповой мозговой штурм дает меньше идей (поскольку время тратится на углубленную разработку идей) и может привести к подавлению творчества тихих участников громкими и нетворческими [2].

Каждый шаг важен в процессе мозгового штурма, последствиями могут стать неполный результат или недостаток идей. Пропуск шагов в методе может обойтись дорогой ошибкой и затратой времени.

1. Выберите группу: ведущий должен выбрать не менее 5 и не более 20 участников.

2. Уточните цели: лидер должен поставить цели и определить, почему он хочет провести мозговой штурм.

3. Определите роли: лидер должен определить роль ведущего, регистратора и т. д.

4. Объясните правила: ведущий должен объяснить правила каждому перед началом обсуждения. Каждый должен четко понимать вопрос.

5. Начните дискуссию: лидер запрашивает идеи у группы. Каждая идея принимается без обсуждения, анализа или критики. Процесс продолжается до тех пор, пока поток идей не прекратится.

6. Запишите идеи: идеи должны быть записаны и систематизированы.

7. Поощряйте идеи: ждите идей, не торопитесь, участники должны получить достаточно времени, чтобы подумать и представить лучшую идею. Лидер должен поощрять и ценить участников за идеи.

Мозговой штурм является полезным методом для решения проблемы. Его преимущества заключаются в следующем:

1. Поощряйте творчество: мозговой штурм генерирует много идей, поощряет креативность организации. Это расширяет мышление участников до генерирования максимума идей по проблеме. Он может дать ряд вариантов. Идеи формируются коллективно, а не индивидуально.

2. Производство большого количества идей: организуется групповое обсуждение; лидер мотивирует предложить максимальное количество идей за меньшее время. Это помогает записать максимум идей.

3. Участие всех членов группы: важно, чтобы высказался каждый участник.

4. Чувство сопричастности: члены группы активно участвуют в процессе мозгового штурма. Это создает чувство сопричастности к обсуждению и созданию идеи, связанной с проблемой.

5. Внесение вклада в другие сферы: результаты мозгового штурма могут также использоваться в других сферах

6. Вам необязательно быть высококвалифицированным специалистом или высокооплачиваемым консультантом.

7. Легко подготовить, внедрить, понять - это не сложная техника.

8. Экономьте время и деньги. Мозговой штурм стоит недорого. Для этого не нужно много материалов (нужны только бумага и ручки).

9. Это весело и увлекательно.

Некоторые люди критикуют использование мозгового штурма, как пустую трату времени и развлечение. Творчество не рождается само по себе. Мозговой штурм был использован более 60 лет назад, чтобы помочь группе генерировать идеи. Целью Осборна было не только генерирование идей, но и поощрение каждого, чтобы лучше применить свое воображение к вызовам и путям их решения. Эйнштейн также придавал большое значение воображению. Мозговой штурм полезен для решения управленческих проблем, возникающих в связи с улучшением или изменением технологических процессов. Это также помогает в исследованиях, чтобы найти решение. Мозговой штурм действительно творческий инструмент решения, который каждый может использовать для решения своей проблемы.

Результатом мозгового штурма на предприятии стало не только необычное решение проблемы, но и сплочение коллектива, наладилась коммуникация в офисе. Клиенты действительно стали давать более положительную связь при получении продукции, и показывать покупку коллегам, хотя сам факт покраски ковшей не имел никакого технического эффекта – краска сдиралась через пару дней использования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панфилова А.П.* Мозговые штурмы в коллективном принятии решений / А.П. Панфилова. СПб.: Питер, 2008. 38 с.
2. *Селиверстов А.С.* Мозговой штурм как инструмент управления качеством на предприятии / А.С. Селиверстов, Д.Ю. Уткин, В.В. Постнов. М.: Молодой ученый, 2019. С. 225-227.

## КАЧЕСТВО КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

**Д.А. Котова, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

*В статье рассматривается качество как основной фактор повышения конкурентоспособности предприятия.*

***Ключевые слова:** взаимосвязь качества и конкурентоспособности продукта*

## QUALITY AS A FACTOR OF INCREASING COMPETITIVENESS

**D.A. Kotova, I.V. Ivanova**

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

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article considers quality as the main factor of increasing the competitiveness of the enterprise.*

***Keywords:** the relationship between the quality and competitiveness of the product*

Успешное продвижение товара невозможно без обеспечения стабильного качества производимой продукции. Качество товара является основной составляющей его конкурентоспособности.

Конкурентоспособность товара – это совокупность характеристик продукта и сопутствующих его продаже и потреблению услуг, отличающих его от продуктов аналогов по степени удовлетворения потребностей потребителя, по уровню затрат на его приобретение и эксплуатацию. Это способность продукции соответствовать требованиям и ожиданиям потребителя. Качество продукции в значимой степени воздействует на сте-

пень таких характеристик работы фирмы, как себестоимость, стоимость продукции, выгода, рентабельность, а еще конкурентоспособность продукции и фирмы.

Система управления качеством - целевая подсистема управления предприятием, предусматривающая упорядоченную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов объекта производства, предназначенных для достижения поставленных целей - создания усилий для обеспечения требуемого уровня качества оборота производства при минимальных затратах.

Ключевая задача распадается на бесчисленные подцели и задачи по стадиям актуального цикла, по показателям, характеризующим увеличение свойства основных моментов и процессов. Символически возможно отметить 2 группы ведущих задач системы управления качеством продукции.

1-я группа включает в себе задачи, которые тесно связаны с ключевой целью системы: разработку и освоение в данные сроки свежей продукции, соответствующую высочайшим крупным достижениям; наращивание выпуска качественной продукции; своевременное снятие с изготовления, модернизация, подмена внутренне устаревшей продукции, повышение конкурентоспособности продукции на внешнем и внутреннем рынках;

2-я группа - задачи-средства, нацеленные на увеличение качества процессов создания продукции, улучшение организационных и финансовых способов управления качеством: составление и выполнение программ увеличения свойств и конкурентоспособности продукции; совершенствование свойств изготовления продукции, увеличение производственной и технологической дисциплины, соблюдение условий технической документации; увеличение организационно-технического значения изготовления, обеспечение широкого внедрения современной технологии; мобилизация трудовых обществ на выполнение программ улучшения качества [1].

Качество продукта в первую очередь должно ориентироваться на интересы потребителя. Усилия производителя в этом случае должны быть направлены на проведение маркетинговых исследований, в результате которых формулируется стратегия по улучшению качества продукции составляется прогноз объемов продаж и т.п. Главное свойство продукта быть полезным и удовлетворять потребности клиента в большей степени, чем аналоги. Это и означает быть конкурентоспособным. В большинстве случаев можно установить связь между конкурентоспособностью и качеством продукции: чем выше качеством, тем выше конкурентоспособность, тем большая доля рынка может быть завоевана производителем. Но высокий уровень качества продукции не всегда делает ее

конкурентоспособной. В случае значительного повышения цены высококачественные продукты не всегда находят своих потребителей [2].

В целом стоит отметить, что качество является основным фактором, определяющим конкурентоспособность продукта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магомедов Ш.Ш.* Управление качеством продукции: учебник / Ш.Ш. Магомедов, Г.Е. Беспалова. М.: Дашков и К, 2013. 336 с.
2. *Головачев А.С.* Конкурентоспособность организации: учебное пособие / А.С. Головачев. Минск: Высшая школа, 2012. 319 с.

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО**

**Е.С. Лебедев, Н.И. Кулева**

Научный руководитель – **Н.И. Кулева**, преподаватель

Вологодский государственный университет

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с качеством продукции машиностроения. Технический контроль качества является важным фактором, влияющим на качество продукции. Контроль должен осуществляться средствами измерения достаточной точности для того, чтобы снизить влияние погрешности на результат измерения, а также избежать излишних затрат.*

***Ключевые слова:** качество продукции машиностроения, контроль качества продукции машиностроения, конкурентоспособность*

## **QUALITY CONTROL AS ONE OF THE FACTORS AFFECTING QUALITY**

**E.S. Lebedev, N.I. Kuleva**

Scientific Supervisor – **N.I. Kuleva**, Lecturer

Vologda State University

*The article deals with issues related to the quality of engineering products. Technical quality control is an important factor influencing product quality. Control should be carried out by measuring instruments of sufficient accuracy in order to reduce the influence of the error on the measurement result, as well as to avoid unnecessary costs.*

***Keywords:** quality of engineering products, quality control of engineering products, competitiveness*

Важнейшей задачей любого предприятия является выпуск продукции с заданными потребительскими свойствами, то есть качественной продукции, так как от этого напрямую зависит его конкурентоспособность на рынке.

Под качеством объекта понимают степень приближения объекта к его идеальному состоянию. То есть качество, как некоторая мера свойств, приближается к идеальному состоянию, а значит, не достигает его.

С технической точки зрения под качеством понимают степень приближения объекта к состоянию, регламентированному технической документацией.

Уровень качества реально оценивается по набору показателей качества. Иногда из них можно выделить главный, который называется критерием качества. В качестве примера показателей качества продукции машиностроения можно привести такие как геометрическая точность деталей, шероховатость, физико-механические свойства материала и т.д. [1-3].

На качество продукции всегда оказывают влияние определенные факторы. К факторам, обеспечивающим качество объектов машиностроения, можно отнести такие как конструкторская подготовка, технологическая подготовка (выбор заготовки, маршрута или выбор сборочных работ и др.), технический контроль, квалификация персонала, календарное планирование (сроки выполнения работ), финансирование.

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на качество продукции машиностроения, является технический контроль качества – это процесс получения и обработки информации о контролируемом объекте (например, измерение) с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах [4].

Показателем качества измерения является точность, отражающая близость результата измерения к истинному значению измеряемой величины.

Количественной характеристикой точности является погрешность измерения, зависящая от многих факторов окружающей среды, объекта контроля, применяемой методики, квалификации контролера, а также включает в себя погрешность средства измерения, которая указывается в паспорте прибора [5].

Средство измерения, применяемое для контроля в каждом конкретном случае должно обладать достаточной точностью. Измерения, проведенные с помощью средств, обладающих недостаточной точностью, являются малоценными, так как могут привести к неправильным выводам. С другой стороны, выбор средства измерения, не имеющего избыточной точности, позволяет обеспечить меньшие затраты на измерение в сравнении с высокоточным прибором. Объясняется это тем, что средства измерения, обладающие высокой точностью, как правило, имеют более высокую стоимость и требуют для работы оператора соответствующей квалификации. При более низких операционных затратах продукция будет обладать конкурентными преимуществами, что в свою очередь способствует расширению рынка сбыта и увеличению объема реализованной продукции предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика и результаты исследования свойств композиционных материалов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2019. № 1(3). С. 8-11.
2. Исследование погрешности измерения приборов, применяемых для контроля параметров колец подшипников качения, с целью аттестации приборов / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева, А.Н. Сигов // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности: материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Архангельск, 25–28 марта 2018 г. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2018. С. 84-91.
3. *Бриш В.Н.* Применение интерактивных методов обучения при чтении лекций с целью повышения уровня сформированности компетенций обучающихся / В.Н. Бриш, А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2017 г. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 112-115.
4. *Кулева Н.И.* Определение области эффективного применения координатно-измерительной машины / Н.И. Кулева, А.С. Степанов, А.В. Старостин // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2017 г. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 336-339.
5. *Старостин А.В.* Применение современных образовательных технологий для повышения уровня сформированности компетенций / А.В. Старостин, Н.И. Кулева // Молодежь. Наука. Инновации (Youth.Science. Innovation): труды Международной научно-практической интернет-конференции. Пенза: Издательство "Поволжская школа бизнеса", 2017. С. 185-187.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

**Н.А. Леванов, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается проблема управления качеством образования в средней школе с точки зрения успеваемости школьников за последние три учебных года. Проводится анализ работы школы, выявляются проблемы качества образования, которые влияют на успеваемость, строится причинно-следственная диаграмма для выявления возможных причин снижения успеваемости обучающихся.*

**Ключевые слова:** качество образования, школа, успеваемость, причинно-следственная диаграмма

## RESEARCH OF PROBLEMS OF QUALITY OF EDUCATIONAL SERVICES

**N.A. Levanov, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the problem of quality management of education in secondary school from the point of view of student performance over the past three academic years. The analysis of the school's work is carried out, the problems of the quality of education affecting academic performance are identified, a cause-and-effect diagram is constructed to identify possible reasons for the decline in student academic performance.*

**Keywords:** quality of education, school, academic performance, causal diagram

Проблема управления качеством образования в настоящее время встает со всей остротой в условиях социально-экономических перемен и модернизации системы образования в целом.

Управление качеством образования на любом уровне зависит от того, насколько созданы условия для обеспечения качества образования в образовательном учреждении [1].

Анализ работы образовательной организации проводился на примере средней школы МОУ «СШ № 43 им. А.С. Пушкина с углубленным изучением немецкого языка» города Ярославля.

Школа обладает стабильным, профессиональным педагогическим коллективом, ориентированным на внедрение педагогических инноваций. В настоящее время в школе работают 66 педагогов: 7 мужчин и 59 женщин. На настоящий момент сформировалась в школе сплоченная команда, имеющая единую цель – дать качественное образование, где каждый добросовестно выполняет свой функционал. Анализ кадрового состава педагогического коллектива свидетельствует о достаточно большом количестве педагогов с большим опытом и стажем работы. Приток молодых специалистов в школу есть, но малое количество из них остается работать в школе. Обычно, проработав 1-3 года, молодые специалисты уходят. Очень малое количество педагогов среднего возраста. Наблюдается старение педагогических кадров. 26% – учителя пенсионного возраста. Средний возраст учителей 45 лет.

И несмотря на такой опытный и стабильный педагогический коллектив, анализ основных показателей школы в динамике за последние три года наглядно показывает актуальность проблемы качества образования. Наблюдается отрицательная динамика по успеваемости: процент отличников и хорошистов падает, количество неуспевающих растет.

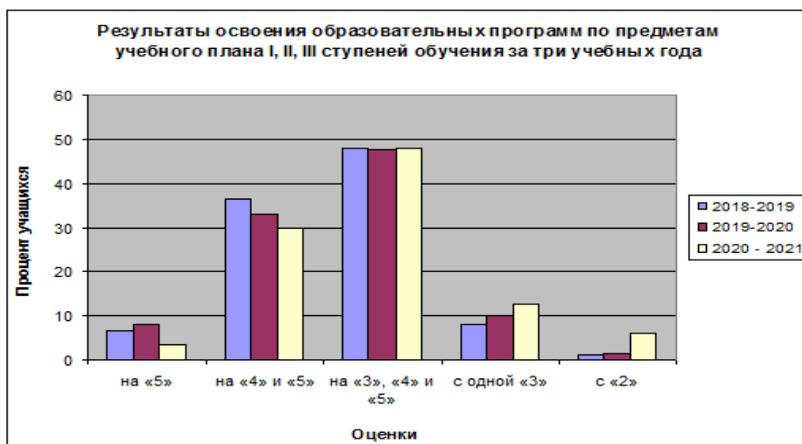


Рис. 1. Результаты усвоения образовательных программ по предметам учебного плана за три учебных года

Как видно из рис. 1, процент учащихся, которые учатся на «5», заметно снижается, в 2021 году таких учеников всего 3%. Результаты освоения учащимися программ среднего общего образования по показателю «успеваемость» в 2021 учебном году составляют 30% (в 2019-м количество обучающихся, которые окончили год на «4» и «5», было 36%). Процент учащихся, которые имеют хотя бы одну «2» по окончании года, увеличивается в 2021 году – 0,56% (в 2019-м было 0,09%).

Для дальнейшего изучения проблемы «снижение результатов успеваемости» была построена причинно-следственная диаграмма, представленная на Рис. 2.



**Рис. 2. Диаграмма Исикавы «Снижение результатов успеваемости учащихся»**

Также был проведен анализ причин и факторов, которые могут влиять на результаты достижений обучающихся (снижение успеваемости) со стороны внешних и внутренних факторов (SWOT-анализ).

Внешними причинами устойчивого снижения учебных результатов школы и факторами риска возникновения кризисной ситуации может быть сложный социальный контекст деятельности школы, проблемный контингент и слабо развитая инфраструктура.

Внутренними причинами (состояние внутренней среды школы) развития кризиса является комплекс типовых и «персональных» проблем в таких аспектах школьной практики, как:

- методы и методики обучения;
- кадровый ресурс;
- учебно-методическое обеспечение;
- материально-техническое оснащение.

Анализируя факторы, которые характеризуют внешние причины, было выявлено, что на данный момент они не сильно влияют на результаты успеваемости, а вот на внутренних причинах нужно остановиться подробнее. Из результатов SWOT-анализа деятельности школы было выявлено, что слабые стороны и угрозы в первую очередь связаны с такими аспектами, как кадровый ресурс и методы и методики обучения.

На основании данных, представленных выше, видно, что много факторов оказывают влияние на анализируемую проблему. В дальнейшем будут выявлены наиболее существенные факторы и предложены инструменты для их устранения. Также для решения проблемы снижения успеваемости будет использоваться процессный подход. Описание процессов делает деятельность образовательной организации более прозрачной и легче контролируемой, позволяет увидеть, кто и чем занимается и кто за что отвечает [2].

Таким образом, решение проблемы качества образования, а именно, снижения успеваемости обучающихся, зависит от того, насколько своевременно и адекватно будут реагировать образовательные учреждения на изменения внешней и внутренней среды, на потребности общества, социальный заказ, насколько эффективные и педагогически оправданные методы и технологии будут избраны, насколько объективной, независимой и систематической будет экспертиза деятельности образовательного учреждения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Репин В.* Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. Репин, В. Етферов. М.: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2013. 523 с.
2. *Яковлев Е.В.* Управление качеством образования: Учебно-практическое пособие. Ч. 1. / Е.В. Яковлев, Н.О. Яковлева. Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. 147 с.

## **ДОБРОВОЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ОБНОВЛЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ ISO/IEC 17025-2019: РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ**

**Т.С. Лопаткина, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются региональные аспекты добровольного подтверждения соответствия в условиях изменений требований к аккредитации органов по сертификации. Реализован регистрационный анализ сравнения требований ГОСТ Р ИСО /МЭК 17065-2012 и ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Показаны концептуальные подходы к самооценке деятельности органов по сертификации.*

**Ключевые слова:** Добровольное подтверждение соответствия, сертификат соответствия, орган по сертификации, испытательные лаборатории

## **VOLUNTARY CONFORMITY ASSESSMENT PROCEDURE IN ACCORDANCE WITH THE UPDATED REQUIREMENTS OF GOST ISO/IEC 17025-2019: REGIONAL ASPECTS**

**T.S. Lopatkina, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses the regional aspects of voluntary conformity assessment in the context of changes in the requirements for accreditation of certification bodies. The registration analysis of comparison of requirements of GOST R ISO /IEC 17065-2012 and GOST ISO/IEC 17025-2019 is implemented. Conceptual approaches to self-assessment of certification bodies' activities are shown.*

**Keywords:** Voluntary confirmation of conformity, certificate of conformity, certification body, testing laboratories

В настоящее время все больше темпы развития экономической сферы определяется уровнем качества, а именно уровень качества находится в центре внимания. Даже обычные потребители ставят качество на первое место при выборе продукции, поэтому соответствие продукта заявленным

требованиям – важная задача. Для обеспечения высокого уровня качества проекции проводится подтверждение соответствия.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации. Добровольная сертификация осуществляется по инициативе заявителя. Заявитель подаёт заявления на проведения сертификации, и если решение о проведении сертификации принято, то запускается процесс проверки продукции и принятия решения по итогам испытаний. Добровольная сертификация происходит на условиях договора, заключённым между органом по сертификации и заявителем. Объектами добровольной сертификации могут быть продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

В качестве объекта исследования был выбран Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов (далее ЯГИКСПП), как ведущий орган по сертификации по пищевой продукции в регионе. Сегодня более трех четвертей всей областной пищевой продукции проходит испытания в лабораториях ЯГИКСПП, где и получает сертификаты соответствия. Институт имеет аттестаты аккредитации в национальной системе Федеральной службы аккредитации по всем направлениям испытаний пищевой продукции и ее сертификации [1]. Целью настоящей работы было сравнить выполнение требований стандартов ГОСТ Р ИСО /МЭК 17065-2012 [2] и ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [3] и обосновать объем необходимых работ, чтобы успешно пройти аккредитацию по требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

Качество и безопасность пищевой продукции в настоящее время отслеживается в соответствии с общим техническим регламентом ТР ТС 021/2011 и специальными требованиями технических регламентов Таможенного Союза и обеспечивающих стандартов. Приоритетной формой подтверждения соответствия является добровольное подтверждение соответствия [4]. В силу указанных факторов отмеченный орган по сертификации руководствуется в процедуре подтверждения соответствия разработанным стандартом организации. В приведенном стандарте прописаны все этапы проведения процедуры, а также приведены примеры документов, которые требуют заполнения в процессе проведения добровольно сертификации продукции.

ЯГИКСПП имеет аккредитацию по ГОСТ Р ИСО /МЭК 17065-2012.

Кроме того, в целях реализации государственной политики в области пищевой и перерабатывающей промышленности, выполнения основных задач Доктрины продовольственной безопасности Российской

Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120, Правительство Ярославской области утвердило Положение о порядке присвоения продовольственным товарам знака «Ярославское качество». Порядок присвоения знака «Ярославское качество» регламентируется Постановлением Правительства Ярославской области от 5 сентября 2018 года N 655-п «О порядке присвоения продовольственным товарам знака «Ярославское качество».

Критериальным фактором при прохождении процедуры аккредитации является валидация гармонизированных требований двух международных стандартов. Вследствие этого был проведен регистрационный анализ выполнения требований отмеченных стандартов в условия органа по сертификации ЯГИКСПП.

Сравнение проходило по 5-бальной шкале: 1 – процесс не описан, 2 – процесс частично упоминается, 3 – есть общее описание процесса, 4 – процесс не полностью описан, 5 – процесс описан полностью.

Резюмируя результаты сравнительного анализа, можно констатировать, что данные стандарты взаимодополняют друг друга. Если стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 17065-2012 предъявляет требования к добровольной сертификации в целом, то стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 имеет более узкую направленность, он касается тех процессов, которые реализуются непосредственно в испытательных лабораториях.

Регистрационный анализ позволяет сформировать следующий план работ для прохождения аккредитации по ГОСТ ISO/IEC 17025-2019: описать требования к помещениям и условиям окружающей среды; описать процессы выбора, верификации и валидации методов; охарактеризовать обращение с объектами испытаний или калибровки; задокументировать процесс оценивания неопределенности измерений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов. URL: <https://yagik.ru/> (дата обращения 21.01.2022).
2. ГОСТ Р ИСО /МЭК 17065-2012. Оценка соответствия. Требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2012. 24 с.
3. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2019. 26 с.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2021. 234 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ НА МОЛОЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Е.Н. Маркасова, П.Е. Евдокимова, Е.О. Ермолаева**

Научный руководитель – **Ю.В. Устинова**, канд. техн. наук, доцент

Кемеровский государственный университет

*В статье произведен обзор мероприятий по развитию системы менеджмента безопасности пищевой продукции на примере молочной промышленности на основе стандарта ГОСТ Р ИСО 22000-2019.*

***Ключевые слова:** ГОСТ Р ИСО 22000-2019, система менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП), безопасность, молочное предприятие, рекомендации, качество*

## **FORMATION OF RECOMMENDATIONS TO IMPROVE THE MANAGEMENT SYSTEM FOOD SAFETY AT A DAIRY ENTERPRISE**

**E.N. Markasova, P.E. Evdokimova, E.O. Ermolaeva**

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

Kemerovo State University

*This article discusses the development of recommendations for improving the food safety management system in dairy production based on the GOST R ISO 22000-2019 standard.*

***Keywords:** GOST R ISO 22000-2019, food safety management system (FSMS), safety, dairy enterprise, recommendations, quality*

В настоящее время основополагающим фактором осуществления и поддержания эффективной жизнедеятельности человека являются качественные и безопасные продукты питания. Чтобы организм рос и развивался здоровым, ему необходимы белки, различные минералы, аминок-

кислоты, углеводы, жиры и другие полезные вещества. Здоровое сбалансированное питание является чуть ли не ключевым фактором, влияющим на здоровье и качество уровня жизни человека. Молоко как раз является продуктом, содержащим сбалансированный набор веществ и микроэлементов. Этот продукт питания почти не имеет конкурентов и является уникальным. Молоко до сегодняшнего дня – это самый распространенный продукт в мире, несмотря на это, он до сих пор подвергается изучению, и постоянно совершенствуются методы контроля качества и обработки [1]. Регулируется данная деятельность специальными регламентированными санитарно-гигиеническими нормативными документами, который существуют в каждой стране, и строго соблюдаются организациями-производителями.

Человек с незапамятных времен употребляет в пищу молоко. Формирование этого продукта в организме животного является сложным процессом, до сих пор не изученным до конца.

Предприятия производящие продукты молочной отрасли – являются одной из ключевых отраслей продукции Российской Федерации. Поэтому для них особенно важно быть клиентоориентированными, удовлетворять запросы населения и обеспечивать их качественной продукцией, способной благоприятно влиять на качество и уровень жизни людей. Из-за такой глобальной цели, этот продукт питания просто обязан соответствовать требованиям качества, безопасности, экологии и др.

В Российской Федерации менеджмент безопасности пищевой промышленности подчиняется стандартам серии ГОСТ Р ИСО 22000. Данное семейство стандартов было принято в 2005 году, с этого момента, предприятия должны иметь сертификат соответствия, в котором подтверждается соответствие требованиям безопасности пищевой продукции [2].

Ключевая идея семейства стандартов ГОСТ Р ИСО 22000 – исключение производства болезнетворной продукции для человека, дабы избежать определения опасности произведенной продукции для человека, на выходе процесса.

Для предприятий продовольственной промышленности СМБПП— это отличная перспектива направлять ресурсы и возможности компании в критические точки производств продукта, тем самым понижать вероятность производства и реализации опасного продукта.

СМБПП в бизнесе – это гарантия того, что изготовитель создаёт благоприятные и подходящие условия, для постоянного производства продукта, соответствующего требованиям нормативной документации и безопасности для человека [3].

Основные преимущества СМБПП заключаются в следующем:

1. СМБПП – это метод, который нацелен на все критерии создания пищевых продуктов от этапа проектирования до этапа реализации;
2. Быстрая реакция, а не исправляющие факт брака действия;
3. Обязательство за производимый и реализуемый продукт;
4. Наличие различной нормативной документации и сертификатов на продукт;
5. Немедленное выявление проблемных процессов и сосредоточение фокуса внимания организации на них;
6. Экономия ресурсов бизнеса, вследствие снижения процента брака;
7. Интеграция с множеством систем менеджмента.

Осуществление гарантии на создание безопасной и полезной продукции, и продвинутый менеджмент организацией – основополагающая цель СМБПП.

СМБПП предназначается для снижения критических рисков, вызванными различными проблемами в части безопасности пищевой продукции [4].

Производство молока очень сложный процесс, имеющий множество критериев, оказывающих влияние на качество и безопасность выходного продукта. Входной контроль сырья необходим, для исключения попадания несоответствующего сырья в дальнейшее производство. Осуществление проверки уровня качества молока исследуются множество факторов: правила логистики и осуществления хранения запасов, нельзя исключать человеческий фактор, методика исследования продукта, уровень устройств и оборудования, а также качество реагентов, и трактовка результатов проведенного анализа.

Внедрение и дальнейшее совершенствование системы менеджмента безопасности пищевой продукции для современного бизнеса, непременно является основополагающей задачей при производстве продовольственной продукции.

Соответствовать принципам СМБПП реально, основываясь на анализ деятельности предприятий молочной промышленности. Эффективность системы достигается за счет заинтересованности каждого сотрудника в производстве качественной и безопасной продукции. Из этого можно сделать вывод о том, что важнейшей задачей высшего руководства является донесение до сотрудников информации о важности соблюдения требований, указанных в ГОСТ Р ИСО 22000-2019 [5].

Рекомендации для совершенствования СМБПП разработаны согласно пункту 10 ГОСТ Р ИСО 22000-2019, которые необходимо осуществлять всем сотрудникам предприятия, если не брать в счет несправное оборудование.

В данной статье разработка рекомендаций по совершенствованию системы менеджмента безопасности пищевой продукции была рассмотрена на примере деятельности предприятия молочной промышленности.

Своевременное совершенствование СМБПП на молочном производстве подразумевает:

1. Постоянное улучшение качества производимой продукции, поскольку улучшение система менеджмента безопасности пищевой продукции позволяет своевременно выявлять риски и опасности;
2. Формирование положительного имиджа бренда компании
3. Поддержание обновленной системы в надлежащем состоянии;
4. Ограждение от финансовых потерь.

Совершенствование СМБПП позволяет предприятиям увеличивать прибыль, экономить ресурсы и снизить количество дефектной продукции в несколько раз.

Таким образом, СМБПП подлежит активному развитию и набору популярности в будущем. Система все больше внедряется на предприятиях пищевой промышленности, помогая им результативно использовать всю мощность компании. Безопасность пищевых продуктов должна быть составной частью общего стратегического плана любого пищевого предприятия и содержать ясно сформулированные цели для каждого уровня работников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулова Н.Г. Производственный контроль в молочной промышленности / М.Ю. Меркулов, И.Ю. Меркулов. М.: Издательство «Профессия», 2017. С. 625-859.
2. Методы исследования молока и молочных продуктов: учеб.-метод. пособие / под ред. Е.П. Сучкова, М.С. Белозерова. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. 47 с.
3. Тихомиров И.А. Современные методы контроля и управления технологическими процессами производства высококачественного молока / И.А. Тихомиров // ВНИИМЖ. 2018. С. 163-168.
4. ГОСТ 31499-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
5. ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2019. 30 с.

## **К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО»**

**Е.С. Маслова, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

*В статье рассматривается процесс развития концепции «бережливого производства», анализируется состояние «бережливого производства» в России. Выделяются основные этапы развития концепции, значимые проблемы и направления совершенствования.*

**Ключевые слова:** концепция «бережливое производство»

## **ON THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF «LEAN MANUFACTURING»**

**E.S. Maslova, I.V. Ivanova**

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

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article examines the process of development of the concept of "lean manufacturing", analyzes the state of "lean manufacturing" in Russia. The main stages of the concept development, significant problems and areas of improvement are highlighted.*

**Keywords:** the concept of "lean manufacturing"

Высокий уровень организации производства является важнейшим фактором успеха предприятия. Одним из инструментов развития производства, повышения эффективности деятельности предприятия является «Бережливое производство». На данный момент концепция «Бережливое производство» является признанной стратегией индустриального развития [1]. Она направлена на оптимизацию производственных процессов, постоянное улучшение качества продукции при сокращении затрат, при этом каждый сотрудник должен быть вовлечен в эту деятельность и четко осознавать сферу своей ответственности. Бережливое производство максимально учитывает рыночные условия хозяйствования. Современное понимание концепции «Бережливое производство» формировалось после

Второй мировой войны в японской машиностроительной отрасли. В 70-80 е гг. XX века концепция стала популярной и в США. Причиной данной ситуации стали нефтяные кризисы. Активное распространение осуществлялось в 80 е годы XX в, а в 90-е развитие бережливого производство стало проходить за рамками промышленности.

Сейчас концепция «Бережливое производство» носит повсеместный характер. В Японии 80% предприятий внедрили эту систему, в США – 75%, в Европе – 50%. В России концепция бережливого производства появилась лишь в 2000 г. Яркими примерами применения концепции в России являются Группа ГАЗ, Сбербанк, Иркут, Росатом, КамАЗ, Русал, ЕвразХолдинг, Еврохим, ВСМПОАВИСМА, КУМЗ, Sollers (бывш. Северсталь-авто).

Российские предприятия сталкиваются с рядом проблем на пути успешного внедрения «бережливого производства». Среди них стоит отметить: нежелание персонала осваивать данную систему и применять ее на практике; неправильное понимание сути концепции (рассматривается как набор инструментов по снижению потерь, а не как глобальный подход по управлению предприятием); отсутствие эффективного мотивационного механизма для персонала; нерациональное управление запасами; нерациональная работа с потребителями; неэффективная работа с поставщиками [2].

В этой связи стоит определить направления по решению вышеобозначенных проблем:

- создание группы высококлассных специалистов при внедрении данной системы на предприятии;
- внедрение системы 5S на предприятии в целом, а не на отдельных участках;
- постоянный и систематический сбор данных для анализа и осуществления мероприятий по улучшению деятельности;
- формирование эффективной системы мотивации работников.

Концепция «Бережливого производства» прошла долгий и сложный путь развития. На данный момент она оформилась в виде философии производства. Новая схема производства позволяет предприятиям занимать устойчивую позицию на рынке и делать продукцию более конкурентоспособной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Степченко Т.С.* Lean-технологии в управлении предприятием // Современные технологии управления. 2015. № 7(55). С. 92-98.
2. *Ульянов В.Н.* Перспективы развития бережливого производства на российских промышленных предприятиях // Системное управление. 2015. № 4. С. 38-44.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШВП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

**О.Е. Румянцев, А.С. Ермишин**

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье приводятся примеры использования некоторых технологий бережливого производства на промышленном предприятии на примере изготовления ШВП.*

**Ключевые слова:** бережливое производство, ШВП, SMED, система 5S, TPM, Хосин канри

## IMPROVING THE PRODUCTION OF BALL SCREW GEARS USING LEAN MANUFACTURING

**O.E. Rumyantsev, A.S. Ermishin**

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*This article provides examples of the use of some lean manufacturing technologies in an industrial enterprise on the example of the manufacture of ball screw gears.*

**Keywords:** lean manufacturing, ball screw gears, SMED, 5S system, TPM, Hoshin Kanri

Для соблюдения уровня качества и ускорения рабочих процессов на производстве широко внедряют различные инструменты бережливого производства.

Разберем на примере производства ШВП.

На исследуемом предприятии Ярославской области занимаются производством ШВП (шарико-винтовых передач) качения. Диапазон выпускаемых типоразмеров по диаметру составляет от 20 до 100 мм и длиной до 3000 мм. Разнообразные по конструктивному выполнению, как в корпусном, так и в бескорпусном исполнении. Кроме шарико-винтовых передач, освоено производство ПВГК планетарно-фрикционного типа с

размерами специальной резьбы Сп 20х6 (3) – двухзаходная с шагом 3 мм и ходом 6 мм.

Lean-технологии в условиях рыночной экономики становятся весьма востребованным инструментарием управления предприятием, так как направлено на повышение конкурентоспособности компании и являются эффективным способом её развития и повышения качества производимой продукции или оказываемых услуг.

Внедрение и применение подходом lean manufacturing позволяет уменьшить стоимость продукции; сократить продолжительность цикла до готового изделия; повысить уровень производительности; увеличить объем выпускаемого товара; Минимизировать объем ассортимента на складе; повысить качество продукции; увеличить доход; создать отлаженную производственную систему, позволяющую быстро реагировать на запросы потребителей [1].

Главная цель снижение и устранение потерь (брака) на производстве и ускорение изготовления заказа от и до [2].

Система организации рабочего места (система 5S).

Основанная на 5 правилах, позволяющая правильно организовать рабочее место, изменить мышление работников, также наладить коммуникации внутри производства.

Технологии улучшений:

Система 5С – технология создания эффективного рабочего места. Система 5S, или «пять шагов для поддержания порядка», были разработаны инженерами фирмы Тойота. 5S – это система организации рабочего места, позволяющая значительно прибавить в эффективности и управляемости организацией, улучшить корпоративный дух, увеличить производительность труда и сохранить время. Это первый шаг на пути к созданию «бережливого предприятия» и применению других инструментов системы менеджмента компании Toyota. Данная система подойдет почти любому производству, в том числе и производству ШВП.

За счет этой системы направляется рабочее время сотрудника непосредственно на выполнение требуемой от него задачи, ему не придется терять время на поиск (не всегда требуемых в настройке приспособлений и приборов). Также работник меньше отвлекается на различные решения проблем обработки металла, так как все что ему нужно находится на его рабочем месте [3].

Система TPM (Total Productive Maintenance) – общий уход за всем оборудованием. Система TPM (Total Productive Maintenance – «Всеобщая Эксплуатационная система»). Современное оборудование высокой точности, требует не только высокого уровня знаний персонала, который с этим оборудованием работает, но и слаженной системы отношений между этими сотрудниками. Система TPM подходит для внедрения.

С ее помощью можно ввести четкие правила обслуживания промышленного оборудования и своевременное предотвращение поломок, что позволяет работать в полную мощность. Также возможность проводить обучение персонала, чтобы каждый работник мог вовремя сообщить о том, что нужно вызвать мастера и заменить расходные материалы, необходимые для правильной эксплуатации оборудования.

Система SMED – быстрая переналадка оборудования. Система быстрой переналадки SMED (Single-Minute Exchange of Die – перенастройка оборудования менее чем за 10 минут). SMED дословно переводится как «Смена инструмента за 1 минуту». Данная система не поможет полностью избавиться от издержек переналадки оборудования на производстве ШВП поэтому пользы от такой системы будет мало [4].

В основе бережливого производства лежит ответственность за свою работу, что побуждает сильное стремление к достижению высокого качества за счет непрерывного развития сотрудников и процессов. В связи с этим очень важно вовлечь в этот постоянный процесс совершенствования весь персонал организации. Технологии вовлечения персонала совместно с идеей уважения к человеку лежит в основе бережливого производства [5].

Для производства ШВП рекомендуется внедрить технологию вовлечения персонала (Hoshin Kanri), которая представляет собой концепцию циклического планирования и менеджмента. Данная концепция применяется на двух уровнях.

Первый уровень – стратегическое планирование. Несколько ключевых долгосрочных целей деятельности фирмы подвергающихся систематическому планированию. Так как выполнение одного заказа от и до занимает 3 месяца и было очень важно планировать загруженность на год в одинаковых пропорциях что бы все успевать и не получать издержек и рекламаций.

Второй уровень – короткое планирование на каждый день, поскольку большая часть времени в организации тратится на ежедневные операции. Именно на этом уровне происходит создание добавленной стоимости с помощью ключевых бизнес-процессов, которые реализуют цель организации [6].

Lean manufacturing призвано устранить потери во всех сферах производства, включая отношения с заказчиками, проектирования новой продукции, цепи снабжения и производственного и операционного менеджмента [7].

Данный подход способствует тому, чтобы правильно сформировать задачи на календарный год и сэкономить время на изготовление деталей для сборки и отправки ШВП.

Методология lean manufacturing может помочь реорганизовать работу во всех цехах производства, уменьшить затраты во времени у работника на наладку и ремонт оборудования. За счет БП можно более грамотно планировать реализацию заказов и соответственно снизить потери от штрафов за не выполненные в срок заказы, что формирует мнение о производстве как о надежном партнере. В совокупности методы бережливого производства освежили рабочий процесс и позволили более комфортно находиться в конкурентной среде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вялов А.В.* Бережливое производство: учеб. пособие. Комсомольск-на Амуре: КнАГТУ. URL: [https://knastu.ru/media/files/page\\_files/page\\_421/posobiya\\_2014/\\_Vyalov\\_Berezhlivoye\\_proizvodstvo.pdf](https://knastu.ru/media/files/page_files/page_421/posobiya_2014/_Vyalov_Berezhlivoye_proizvodstvo.pdf)
2. *Рамперсад Х.К.* TPS-LeanSixSigma: новый подход к созданию высокоэффективной компании / Х. Рамперсад, А. Эль-Хомси: пер. с англ. ООО «Переводим» под науч. ред. В.Л. Шпера. М.: Стандарты и качество, 2015. 416 с.
3. *Хирано Х.* 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место / Пер. с англ. И. Попеско. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2015. 168 с.
4. *Питеркин С.В.* Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем / С.В. Питеркин, Н.А. Оладов, Д.В. Исаев. М.: Альпина Паблишер, 2016. 368 с.
5. *Фейгенсон И.С.* Бережливое производство и системы менеджмента качества / Н.Б. Фейгенсон, И.С. Мацкевич, М.С. Липецкая. М.-СПб., 2012.
6. *Джексон Т.* Хосин канри: как заставить стратегию работать. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2016. 216 с.
7. Упорядочение / 5S – система наведения порядка, чистоты и укрепления дисциплины с участием всего персонала. URL: <http://www.orgresurs.ru/qwest/2212>

УДК 005.63

## **КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ АО «ДАНИЛОВСКИЙ МАСЛОСЫРЗАВОД»**

**А.А. Сахарова, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Статья посвящена сравнительной характеристике качества продукции АО «Даниловский Маслосырзавод». Проведена квалиметрическая оценка качества молока на основе критерия Пирсона.*

***Ключевые слова:** молоко, качество, квалиметрическая оценка качества, корреляционный анализ, метод Пирсона*

## **QUALIMETRIC ASSESSMENT OF THE QUALITY OF PASTEURIZED MILK PRODUCED BY JSC «DANILOVSKY MASLOSYZAVOD»**

**A.A. Sakharova, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article is devoted to the role of the quality of pasteurized milk produced by JSC "Danilovsky Creamery". A qualimetric evaluation of milk quality by the Pearson method was carried out, according to the results of which conclusions were drawn.*

***Keywords:** milk, quality, qualimetric quality assessment, correlation analysis, Pearson's method*

Сегодня продукция Даниловского маслосырзавода пользуется устойчивым спросом, что обусловлено высокими потребительскими свойствами продукции, а именно, то, что рассматриваемое предприятие выпускает продукцию по высоким стандартизированным подходам. Номенклатура выпускаемой продукции включает в себя: масло сливочное, около двадцати видов сыров, молоко и творог разной жирности.

На протяжении нескольких лет продукция завода входит в число «100 лучших товаров России», что подтверждает высокие потребительские свойства и конкурентоспособность продукции.

В целях поддержания имиджа компании необходимо соблюдать все требования стандартов, санитарных норм и ГОСТов, также достаточно важным в условиях рыночной экономики остается мнение потребителей и конкурентоспособность с аналогами других производителей.

В практике контроля качества продукции используют современные методические приемы, такие как экспертиза качества продукции, основанная на физико-химических, биохимических и санитарно-гигиенических методах испытаний и идентификации продукции, а также квалиметрические подходы. Опыт показывает, что большинство производителей пищевой продукции, оценивая результат своих работ, в большинстве случаев используют квалиметрическую оценку.

Квалиметрия – область практической и научной деятельности, связанная с разработкой теоретических основ и методов измерения и количественного оценивания качества [1].

В отличие от других методов, квалиметрическая оценка качества продукции позволяет производителю получать более достоверную информацию об уровне качества продукции.

Основная цель исследования – это провести квалиметрическую оценку качества пищевой продукции АО «Даниловский Маслосырзавод», основанную на сравнительной характеристике межлабораторных испытаний продукции по физико-химическим, биохимическим и санитарно-гигиеническим показателям.

Выбор объекта исследования обусловлен тем, что производство молока в России в 2020 году составило 32 215,4 тыс. т, что на 2,7% (на 855,1 тыс. т) больше, чем в 2019 году. За 5 лет, по отношению к 2015 году, уровень производства вырос на 7,8% (на 2 327,9 тыс. т), за 10 лет, по отношению к 2010 году – на 2,2% (на 707,6 тыс. т) [2].

Исследования показателей качества молока АО «Даниловский Маслосырзавод» проводились в условиях аккредитованного испытательного лабораторного центра Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области».

Результаты исследований молока «Даниловский маслосырзавод» были отражены в протоколе лабораторных исследований от 07.07.2021 № 6379 и № 1325, на основании которых была принята Декларация о соответствии ЕАС (ЕАЭС N RU Д-RU.РА01.В.80670/21 от 07.07.2021), в которой производитель удостоверяет, что поставляемая им продукция соответствует требованиям нормативных документов.

Для наглядного представления квалиметрической оценки качества молока использован метод Пирсона. Адаптация квалиметрической оценки предполагает сравнение показателей качества молока Даниловского маслосырзавода с аналогом продукции другого изготовителя (базовый образец) [3].

**Таблица 1. Результаты расширенных исследований показателей качества молока, пастеризованного АО «Даниловский Маслосырзавод», в сравнении с аналогом**

Определяемые показатели	Результаты исследований		Гигиенический норматив [4]	Ед. измерения
	АО «Даниловский Маслосырзавод»	Базовый образец		
Кадмий	менее 0,01	менее 0,01	не более 0,03	мг/кг
Мышьяк	менее 0,041	менее 0,005	не более 0,05	мг/кг
Ртуть	менее 0,0025	менее 0,002	не более 0,005	мг/кг
Свинец	менее 0,002	менее 0,01	не более 0,1	мг/кг
Массовая доля жира	3,2	3,3	не менее 3,2	%
Массовая доля СОМО	13,35	8,04	не менее 8,2	%
Кислотность	20	16,2	От 16 до 21	градус Тернера
Афлатоксин М1	менее 0,00004	менее 0,0002	не более 0,0005	мг/кг
Внешний вид	Непрозрачная жидкость	Непрозрачная жидкость	Непрозрачная жидкость	-
Консистенция	Жидкая, однородная, без осадков и хлопьев	Жидкая, однородная, нетягучая	Жидкая, однородная, нетягучая, слегка вязкая. Без хлопьев белка и сбившихся комочков жира	-
Вкус и запах	Вкус и запах чистый, без посторонних привкусов в соответствии с ГОСТ 31449-13	Характерные для молока, с легким привкусом кипячения, слегка сладковатый привкус	Характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения	-
Цвет	Белого цвета	Белый с легким кремовым оттенком	Белый, допускается с синеватым оттенком для обезж. молока, со светло-кремовым оттенком для стерилизованного молока	-

С помощью критерия корреляция Пирсона определили наличие или отсутствие линейной связи между двумя показателями качества, а также тесноту и статистическую значимость исследуемых показателей [5].

Поставленная цель исследования обусловила выявление, определение тесноты и статистической значимости корреляционной связи между двумя количественными показателями: молоко АО «Даниловский Маслосырзавод» (X) и молоко-аналог неизвестной марки (Y).

**Таблица 2. Расчет степени корреляции Пирсона**

Показатель качества	X	Y	(d <sub>x</sub> )	(d <sub>y</sub> )	d <sub>x</sub> * d <sub>y</sub>	d <sub>x</sub> <sup>2</sup>	d <sub>y</sub> <sup>2</sup>
Массовая доля жира	3,2	3,3	-8,98	-5,88	52,82	80,70	34,57
Массовая доля СОМО	13,35	8,04	1,17	-1,14	-1,33	1,36	1,30
Кислотность	20	16,2	7,82	7,02	54,87	61,10	49,28

Расчет коэффициента корреляции Пирсона производится по формуле

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(dx * dy)}{\sqrt{(\Sigma d_x^2 * \Sigma d_y^2)}} = \frac{106,37}{\sqrt{(143,16 * 85,15)}} = 0,96. \quad (1)$$

Оценка статистической значимости коэффициента корреляции  $r_{xy}$  осуществляется при помощи t-критерия, рассчитываемого по формуле

$$t_r = \frac{r_{xy} \sqrt{n-2}}{\sqrt{(1-r_{xy}^2)}} = 3,42. \quad (2)$$

Значение коэффициента корреляции Пирсона составило 0,96, что соответствует достаточно высокой тесноте связи между показателями качества молока АО «Даниловский маслосырзавод» и молока неизвестной марки. Данная корреляционная связь является статистически значимой.

Резюмируя полученные результаты оценки, отметим, что продукция марки АО «Даниловский маслосырзавод» имеет в некоторой степени лучшие показатели качества, нежели образцы базового продукта. Однако, согласно экспертным оценкам по органолептическим признакам, оба образца соответствуют требованиям стандарта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапошников В.А. Квалиметрия: учебное пособие / В.А. Шапошников. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2016. 134 с. URL: <http://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/20925>.

2. О производстве сырого молока в России в 1990-2021 гг. URL: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-syрого-moloka-v-rossii-v-1990-2021-gg>
3. Результаты лабораторных исследований молока. URL: <https://rskrf.ru/upload/iblock/754/754ba00c4c5d1d2b9cf893a3a70445f9.pdf>
4. ГОСТ 31449-2013. Молоко коровье сырое. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102731>
5. Способы вычисления коэффициента корреляции. URL: <https://molotokrus.ru/sposoby-vychisleniya-koeffitsienta-korrelyatsii/>

## **ПРЕДПОСЫЛКИ АДАПТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ КОМПЛАЕНС-СЕРТИФИКАЦИИ**

**В.А. Селезнева, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье отражено значение элементов комплаенс-сертификации в обеспечении независимой оценки соответствия. Приводится описание комплаенс-системы, предпосылки ее адаптации и опыт внедрения в различных компаниях.*

***Ключевые слова:** сертификация, комплаенс-система, организация, стандартизация, сертификат*

## **PREREQUISITES FOR THE ADAPTATION OF ELEMENTS OF THE COMPLIANCE CERTIFICATION SYSTEM**

**V.A. Selezneva, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article reflects the role and importance of the elements of compliance certification in providing an independent assessment of conformity. The description of the compliance system, the prerequisites for its adaptation and the experience of implementation in various companies is given.*

***Keywords:** certification, compliance system, organization, standardization, certificate*

Сертификация и стандартизация, обеспеченные способами и методами измерений соответствия, – очень важная часть механизма обеспечения качества продукции и управления ее номенклатурой [1].

Правовые основы, методы и формы работ по установлению стандартов и принципов сертификации обеспечивают в первую очередь качество продукции, ее безопасность для здоровья, жизни людей и благополучия окружающей среды. Но если механизмы обеспечения качества и

безопасности не реализуются или реализуются с нарушениями, то на рынке появляется небезопасная продукция, а также недобросовестные органы по сертификации и испытательные лаборатории, которые допускают следующие нарушения:

- не отбирают образцы;
- не проводят проверку производства;
- формируют непредставительную выборку при сертификации партии продукции, вследствие чего результаты испытаний не дают верного представления о безопасности всей партии продукции;
- не проводят испытания или проводят их в неполном объёме; применяют некорректные методы испытаний [2].

Поэтому контроль за рынком сертификации становится всё строже и строже.

За последний год были введены глобальные изменения в законодательстве о техническом регулировании. Федеральным законом № 460 внесены изменения в Федеральный закон № 184 «О техническом регулировании». Основная часть этих изменений вступила в силу с 21 июня 2021 года. Изменения официально ввели новые термины «недействительная декларация», «недействительный сертификат», «недействительный протокол испытаний». Согласно определениям закона, недействительность декларации и сертификата – основание для прекращения в установленных случаях их действия контрольно-надзорными органами.

Были приняты постановления Правительства РФ от 19 июня 2021 г. № 934 и 936, определяющие порядок признания недействительными протоколов испытаний, деклараций о соответствии и сертификатов соответствия, также наделили Росаккредитацию новыми полномочиями по признанию сертификатов, деклараций и протоколов испытаний недействительными.

Все эти меры направлены на борьбу с недобросовестными органами по сертификации и на обеспечение обращения на рынке, достоверно подтвержденной, безопасной продукции.

Признание недействительными сертификатов соответствия и деклараций о соответствии с даты их выдачи/регистрации несёт в себе огромные риски финансовых потерь изготовителя. Чтобы их избежать необходимо разобраться в вопросах оценки соответствия и осознанно выбирать только надёжных партнёров при проведении сертификации [3].

Именно поэтому, РОСТЕСТом своевременно было принято решение и разработаны услуги «Комплаенс» – эффективный инструмент снижения рисков, связанных с сертификацией [4].

Существует несколько видов и уровней комплаенса (см. табл.1):

- комплаенс в области соблюдения установленных требований к продукции и связанных с требованиями к продукции процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
- комплаенс в области закупочной деятельности;
- комплаенс в области управления конфликтами интересов (объективное принятие решений).

**Таблица 1. Уровни услуги «Комплаенс»**

Уровень 1	
Вариант 1. COMPLIANCE продукции	Вариант 2. COMPLIANCE-сертификация продукции
Анализ соблюдения норм и подготовка отчета о соответствии продукции установленным требованиям	Анализ соблюдения норм и оформление сертификата о соответствии продукции установленным требованиям
Результат проведенных работ	
Отчет о соответствии продукции за подписью эксперта	Отчет о соответствии продукции и сертификат о соответствии на бланке строгой отчетности
Уровень 2	
Вариант 1. COMPLIANCE процесса	Вариант 2. COMPLIANCE-сертификация процесса
Анализ соблюдения норм и подготовка отчета о соответствии процесса установленным требованиям	Анализ соблюдения норм и оформление сертификата о соответствии процесса установленным требованиям
Результат проведенных работ	
Отчет о соответствии процесса, включающий обязательные требования к продукции	Отчет о соответствии процесса и сертификат о соответствии на бланке строгой отчетности
Уровень 3 и 4	
Разработка и оценка соблюдения норм и требований, предъявляемых к системе менеджмента организации, включающей соответствие продукции и процессов системе COMPLIANCE-менеджмента в целом, включая положения ISO 19600.	

В России пока немногие компании прошли сертификацию по стандарту ISO 19600. К ним относятся компании крупного бизнеса, например, МТС, Сбербанк, Сибур, Атон, СУЭК. По стандарту ISO 37001 практика сертификации в российском бизнесе еще более редкая. Компании, которые подтверждали свои антикоррупционные COMPLIANCE-программы в соответствии со стандартом ISO, делали это вместе с проведением оценки соответствия ISO 19600. Примеры компаний, прошедших

ших отдельную сертификацию по стандарту в области систем менеджмента борьбы со взяточничеством, практически единичные. В частности, это компания Sofiline. Также сейчас к сертификации готовится компания ВымпелКом. Постепенно сертификация по комплаенс-стандарту становится востребованной, ряд компаний находится в процессе подготовки или прохождения оценки на соответствие. Например, Трубная металлургическая компания и Северсталь [5].

Комплаенс проводится на этапе дорыночной жизни продукции, т. е. до принятия сертификата. По результатам проведенного анализа соблюдения первой стороной норм законодательства в сфере технического регулирования выдается отчет о соответствии продукции (комплаенс-отчет). Этот документ может лечь в основу принятия сертификата и будет являться усилением доказательственной базы. Проводя оценку, РОСТЕСТ гарантирует, что структурный форматно-логический контроль во ФГИС Росаккредитации будет пройден, а сертификация – являться достоверной.

С учетом постепенного развития антикоррупционного законодательства, а также изменений в иных сферах, например, связанных с санкционными требованиями и ограничениями, глобально можно прогнозировать, что стандартизация и сертификация комплаенс-систем будет становиться все актуальней для компаний, включая не только крупный бизнес, но также малый и средний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гвоздева С.М.* Сертификация как инструмент повышения качества продукции. Саратов: Саратовский гос. ун-т, 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sertifikatsiya-kak-instrument-povysheniya-kachestva-produktsii/viewer>.
2. *Айдынов Р.Э.* Сертификационная деятельность: актуальность и примеры / Р.Э. Айдынов, Н.Б. Грошева. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sertifikatsionnaya-deyatelnost-aktualnost-i-primery>.
3. Всемирный информационно-аналитический и научно-технический журнал «Русский инженер». URL: <https://mtz-transmash.ru/files/presscentr/publikacii/2021/rusinzh-112021.pdf4>.
4. РОСТЕСТ. Комплаенс. URL: <https://rtmsk.ru/uslugi/komplaens/>.
5. Стандарт ISO 19600. Чем полезен и как использовать при внедрении антимонопольного комплаенса. URL: <https://www.pgplaw.ru/to-get-the-team/elena-sokolovskaya/>

## **НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ В ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»**

**Е.Е. Смирнова, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются особенности подтверждения соответствия нефтепродуктов в ПАО «Славнефть-ЯНОС». Показана характеристика схем подтверждения соответствия продукции нефтехимического предприятия в условиях Таможенного Союза.*

***Ключевые слова:** подтверждение соответствия, нефтехимическая промышленность, нефтепродукты*

## **NEW TRENDS IN COMPLIANCE CONFIRMATION PRODUCTS AT SLAVNEFT-YANOS**

**E.E. Smirnova, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The features of confirmation of compliance of oil products in Slavneft-YaNOS are considered. The characteristic of schemes for confirming the conformity of products of a petrochemical enterprise in the conditions of the Customs Union is shown.*

***Keywords:** conformity assessment, petrochemical industry, petroleum products*

В настоящее время значительные резервы, связанные с повышением результативности и эффективности систем менеджмента качества на предприятиях в нефтехимической промышленности, следует искать в четкой системе стратегического планирования качества. В настоящее время стратегическое планирование должно стать неотъемлемой частью (процессом) системы менеджмента качества предприятий нефтехимической промышленности [1]. Кроме того, произошли большие структурные изменения в области подтверждения соответствия на большинстве российских нефте-

химических предприятий в связи с актуализацией требований Технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС).

Объектом настоящего исследования является продукция производства ПАО «Славнефть-ЯНОС».

ПАО «Славнефть-ЯНОС» – один из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов России, расположенный в Ярославле. Установленная мощность по переработке сырья составляет 15 млн тонн нефти в год. Предприятие введено в эксплуатацию в 1961 году и на сегодняшний день является одним из ведущих предприятий нефтехимической отрасли по производству высококачественных нефтепродуктов.

Ассортимент продукции ЯНОСа включает в себя: автомобильные бензины и дизельное топливо стандарта Евро-5, топливо для реактивных двигателей, смазочные масла, битумы, парафино-восковую продукцию, ароматические углеводороды, сжиженные газы и топочный мазут.

Основным направлением деятельности ПАО «Славнефть-ЯНОС» является производство высококачественной товарной нефти и продуктов нефтехимии путем эффективной переработки нефтяного сырья для максимального удовлетворения потребностей потребителей и заинтересованных сторон [2]. Для изготовления качественной продукции предприятие должно провести процедуру подтверждения соответствия. Рассмотрим более подробно эту процедуру.

Под формой подтверждения соответствия понимается определенная процедура документального оформления соответствия продукции и/или процессов ее проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров [3].

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может быть как добровольным, так и обязательным.

Порядок применения форм обязательного подтверждения соответствия устанавливается настоящим Федеральным законом «О техническом регулировании» № 184. Формы подтверждения соответствия показаны на рис. 1.

Применение той или иной формы оценки (подтверждения) соответствия определяется техническим регламентом, в котором указываются виды продукции и (или) ее свойства.

Состав процедур декларирования соответствия и сертификации определяется схемами подтверждения соответствия требованиям, установленным в технических регламентах в соответствии с Положением о применении типовых схем подтверждения соответствия в технических регламентах Таможенного союза (ТР ТС). Схема подтверждения соответствия выбирается заявителем, исходя из условий ее применения.



**Рис. 1. Формы подтверждения соответствия [3]**

Подтверждение соответствия нефтепродуктов осуществляют в форме обязательной сертификации и декларирования соответствия требованиям технических регламентов. Объектом обязательного подтверждения соответствия (обязательной сертификации или декларирования соответствия) является продукция, размещаемая на территории Российской Федерации [3].

Перед выпуском в обращение продукция подлежит подтверждению соответствия в форме декларирования соответствия по ТР ТС 030/2012 [4], ТР ТС 013/2011 [5], ТР ТС 014/2011 [6], ТР ЕАЭС 036/2016 [7].

Продукция, выпускаемая в обращение ПАО «Славнефть-ЯНОС», подлежит декларированию соответствия по одной из следующих схем: 1д, 2д, 3д, 4д и бд и обязательной сертификации по схеме 3с.

Подтверждение соответствия топлива требованиям отмеченных выше Технических регламентов ТС осуществляется:

- для серийно выпускаемых топлив - по схемам 3д или бд;
- для топлив, выпускаемых или ввозимых партиями - по схеме 4д;
- для опытно-промышленных партий - по схеме 2д для автомобильного бензина, дизельного топлива, судового топлива и мазута, по схеме 4д для авиационного бензина и топлива для реактивных двигателей.

Соответствие масел требованиям технического регламента декларируется по схемам 1д или 2д [8].

Однако твердые нефтяные парафины производства ПАО «Славнефть-ЯНОС» должны пройти оценку соответствия в форме обязательной сертификации по схеме 3с.

Перечень продукции, подлежащий подтверждению соответствия в форме декларирования соответствия и обязательной сертификации в ПАО «Славнефть-ЯНОС» представлен в таблице 1.

**Таблица 1. Перечень продукции подлежащей подтверждению соответствия в ПАО «Славнефть-ЯНОС»**

Наименование продукции	Форма подтверждения соответствия			
	Декларирование соответствия		Обязательная сертификация	
	Обязательность применения по ТР ТС	Схема	Поддерживаемые стандарты	Схема
1	2	3	4	5
Бензин неэтилированный марки АИ-92-К5; АИ-95-К5; АИ-98-К5. Топливо дизельное зимнее ДТ-3-К5 минус 32. Топливо дизельное ЕВРО, летнее, сорта С, экологического класса К5. Топливо дизельное ЕВРО, межсезонное, сорта Е, экологического класса К5. Топливо дизельное ЕВРО, межсезонное, сорта F, экологического класса К5. Топливо дизельное ЕВРО, зимнее, класса 2, экологического класса К5. Мазут топочный 100, 2,50 %, малозольный, 25 °С. Мазут топочный 100, 3,00 %, малозольный, 25 °С. Мазут топочный 100, 3,50 %, малозольный, 25 °С	ТР ТС 013/2011	2д	-	-
Масло компрессорное КС-19п А. Масло для гидрообъемных передач МГЕ-46В. Масло индустриальное: ИГП-30; ИГП-38; И-12А; И-20А; И-40А; И-50А. Масло турбинное Тп-22С марка 1. Масло базовое: SN-80; SN-150; SN-400; SN-500; BS. Масло моторное для автотракторных дизелей М-8ДМ; М-10ДМ; М-8Г <sub>2</sub> ; М-10Г <sub>2</sub> ; М-8Г <sub>2</sub> к; М-10Г <sub>2</sub> к. Масло моторное универсальное М-8В. Масло моторное для дизельных двигателей М-14В <sub>2</sub> . Масло моторное для дизельных двигателей Gazpromneft: HD 40; HD 50; HD 60. Масло моторное для дизельных двигателей G-Profi: HD 50; HD 60. Масло базовое ЯНОС: MVI-2; VHVI-4; VHVI-6; VHVI-8	ТР ТС 030/2012	2д	-	-
Топливо для реактивных двигателей ТС-1. Высший сорт	ТР ТС 013/2011	4д	-	-
Газы углеводородные сжиженные топливные марки пропан-бутан технический: ПА, ПТ, ПБТ, ПБА	ТР ТС 036/2016	4д	-	-
Парафин нефтяной твердый П-2	-	-	ГОСТ 23683-89	3с

1	2	3	4	5
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 70/100. Песок природный для дорожного строительства. Песок, дробленый для дорожного строительства. Щебень и гравий из горных пород для дорожного строительства. Минеральный порошок. Цемент для дорожного строительства. Щебень и песок шлаковый для дорожного строительства. Битум нефтяной дорожный вязкий. Битум нефтяной дорожный жидкий. Дорожные битумные мастики и герметики. Материалы для дорожной разметки	ТР ТС 014/2011	4д	-	-

В целом, сертификация продукции осуществляется органами по сертификации на основании договорной заявки на сертификацию. Настоящий договор заключается между заявителем и органом по сертификации. После прохождения всех процедур по подтверждению соответствия продукции заявителю выдается декларация о соответствии, если проводится декларирование соответствия, или сертификат соответствия, если проводится обязательная сертификация. Вся продукция, прошедшая обязательное подтверждение соответствия, маркируется единым знаком для обращения на рынке [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Благодаров К.В.* Развитие системы стратегического планирования на промышленных предприятиях // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2009. № 2(15). С. 142-146.
2. ПАО «Славнефть-ЯНОС». Официальный сайт предприятия ПАО «Славнефть-ЯНОС». URL: <http://www.refinery.yaroslavl.su>.
3. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ. М.: АО "Кодекс", 2018. 34 с.
4. ТР ТС 030/2012 «О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям». М.: АО "Кодекс", 2017. 19 с.
5. ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту». М.: АО "Кодекс", 2019. 22 с.
6. ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог». М.: АО "Кодекс", 2011. 30 с.
7. ТР ЕАЭС 036/2016 «Требования к сжиженным углеводородным газам для использования их в качестве топлива». М.: АО "Кодекс", 2016. 17 с.
8. Совет Евразийской Экономической Комиссии Решение от 18 апреля 2018 года N 44 «О типовых схемах оценки соответствия». М.: АО "Кодекс", 2018. 50 с.

**ОПИСАНИЕ СХЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА РОБАСТНОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСЛУГ В СЕРВИСНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ «ТРАКТОРОЦЕНТР»**

**С.Е. Степина, У.М. Кабанова, А.С. Ермишин**

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Приводится описание схемы исследований при применении метода робастного проектирования услуг на примере процесса жизненного цикла в ООО «Трактороцентр».*

***Ключевые слова:** сервисное обслуживание техники, робастное проектирование, системное проектирование, параметрическое проектирование, проектирование допусков, ООО «Трактороцентр»*

**DESCRIPTION OF THE RESEARCH SCHEME  
WHEN APPLYING THE METHOD OF ROBUST SERVICE  
DESIGN IN THE SERVICE ACTIVITIES OF THE COMPANY  
«TRAKTOROCENTR»**

**S.E. Stepina, U.M. Kabanova, A.S. Ermishin**

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

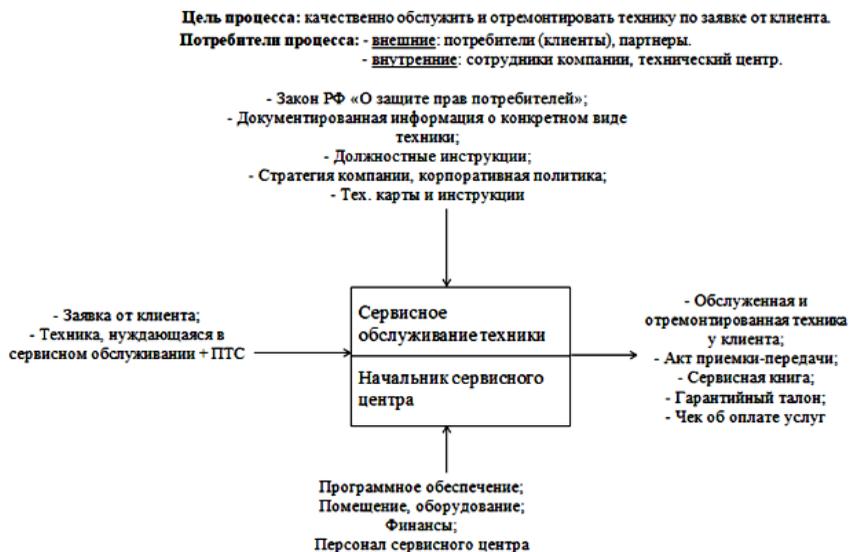
*The description of the research scheme in the application of the method of robust design of services is given on the example of the life cycle process in the limited liability company «Traktorocentr».*

***Keywords:** maintenance of equipment, robust design, system design, parametric design, tolerance design, limited liability company «Traktorocentr»*

Общество с ограниченной ответственностью «Трактороцентр» – вологодская компания, занимающаяся продажей сельскохозяйственной, лесозаготовительной, дорожной техники и навесного оборудования. Но это не единственный вид ее деятельности. В данной статье пойдет речь о

сервисном обслуживании и ремонтах техники из приведенного списка.

Предприятие активно развивается и с каждым годом стремится к улучшению качества оказываемых услуг, снижению их себестоимости и, соответственно, увеличению чистой прибыли. Исходя из этого, было принято решение применить метод робастного проектирования процесса жизненного цикла компании «Сервисное обслуживание техники» для улучшения качества услуг как выходов процесса. Контекстная диаграмма процесса приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Сервисное обслуживание техники»**

В теории робастности у любого объекта исследования: процесса, продукта, услуги или технологии есть три категории параметров, характеризующих их:

1. Функциональные характеристики – это основные измеряемые величины, которые показывают, насколько хорошо функционирует процесс (их еще можно назвать показателями результативности/эффективности/качества).

2. Управляемые параметры – это управляемые переменные объекта. То есть те характеристики, которые можно изменить и спрогнозировать.

3. Неуправляемые параметры (шумы) – это параметры (чаще всего из внешней среды), которыми невозможно или дорого управлять.

Робастное проектирование – это методология настройки управляемых параметров объекта исследования таким образом, чтобы неуправляемые параметры (шумы) не оказывали влияния на конечный результат значений функциональных характеристик, тем самым не ухудшали его качество.

Итог применения метода – четкая модель объекта с определенными значениями управляемых параметров, которые блокируют влияние помех [1].

До сих пор робастный метод применяется в подавляющем большинстве случаев для проектирования параметров продукции. Предприятия, оказывающие услуги, не используют данную методологию ввиду отсутствия четкой надежной схемы исследований, как при разработке параметров продукции. В данной статье будет приведена схема исследований для применения метода робастного проектирования услуг на основе теории о том, что прогнозировать ее качество можно за счет контроля не только над параметрами самой технологии оказания, но и над параметрами процесса, выходом которого и является эта услуга.

Далее описана схема исследований при применении метода робастного проектирования услуг в сервисной деятельности компании «Трактороцентр» на основе проектирования процесса «Сервисное обслуживание техники».

1 этап. Теоретический анализ: разбор понятия «Сервисное обслуживание техники», анализ методологии и принципов робастного проектирования, анализ действующего законодательства, регламентирующего основную деятельность предприятий по сервисному обслуживанию, ретроспективный анализ практического применения принципов и методов робастного проектирования.

2 этап. Анализ услуг и процессов сервисной деятельности компании «Трактороцентр»: общая характеристика (конкурентный анализ, SWOT-анализ); анализ-обзор процессов сервисной деятельности и услуг (моделирование, декомпозирование – контекстная диаграмма/блок-схемы); оценка текущей результативности, эффективности процессов сервисной деятельности и удовлетворенности потребителей услуг (регистрационный метод, внутренний аудит); определение границ робастного проектирования для проведения исследования.

3 этап: Непосредственное робастное проектирование процесса «Сервисное обслуживание техники»:

а) Системное проектирование. Здесь создаются фактические модели объектов, включая:

– разработку контекстной диаграммы процесса, декомпозиции

процесса, блок-схем протекания подпроцессов, разработку показателей результативности, эффективности и удовлетворенности потребителей процесса и методики их оценки, матрицы ответственности по процессу;

- определение основных потребностей и ожиданий заинтересованных сторон процесса.

б) Параметрическое проектирование. Это отдельная «наука» в теории робастного проектирования, которая включает:

- Составление перечня функциональных характеристик, управляемых параметров и источников помех.

Пример функциональной характеристики: «количество ошибок при ремонте и обслуживании».

Пример управляемого параметра: «способ распределения обязанностей индивидуально по каждой заявке».

Пример источника помех: «нечеткость, неясность пожеланий клиента».

- Планирование эксперимента с помощью ортогональных матричных планов, связанное с решением следующих вопросов: как варьировать значения управляемых параметров и как измерить влияние помех?

- Проведение основного эксперимента и использование его результатов для оценивания улучшенных значений управляемых параметров.

- Проведение дополнительного эксперимента для проверки правильности полученных оценок.

в) Проектирование допусков.

Проектирование допусков заключается в выборе экономически обоснованных допусков на управляемые параметры процесса. Значения управляемых параметров процесса могут иметь качественный характер. Подбор допусков означает определение возможности постоянного применения выбранного оптимального значения параметра при осуществлении деятельности по процессу и поиск альтернатив [2].

4 этап. Создание модели объекта с идеальными значениями управляемых параметров. В случае с компанией «Трактороцентр» был разработан «Стандарт» организации «Сервисное обслуживание техники», содержащий абсолютно новые правила работы с новыми спроектированными значениями управляемых параметров, регламентирующие деятельность сервисного центра компании.

За счет работы по новому стандарту организации после робастного проектирования процесса «Сервисное обслуживание техники» компания «Трактороцентр» сократила расходы на доработку ошибок при ремонте и обслуживании и количество качественных претензий более чем в три раза за 2021 год.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути / Р. Леон, А. Шумейкер, Р. Какар, Л. Кац, М. Фадке, Г. Тагути, Д. Спино, К. Лин, У. Назарет, У. Клиггер, В. Нэйр, К. Дехнад, Д. Прегибон. М.: «СЕЙФИ», 2016. 384 с.
2. *Разумов-Раздолов К.Л.* Применение робастной оптимизации при проектировании / К.Л. Разумов-Раздолов, И.В. Волокитина // Известия ТулГУ. Технические науки. 2008. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-robastnoy-optimizatsii-pri-proektirovanii> (дата обращения 01.02.2022 г.).

## СЕРТИФИКАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**А.А. Сулова, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением сертификации в строительной сфере. Приводятся основные нормативные документы, этапы сертификации, которые должна пройти строительная организация для получения сертификата соответствия.*

**Ключевые слова:** сертификация, сертификат соответствия, строительство, продукция, этапы сертификации

## CERTIFICATION IN CONSTRUCTION

**A.A. Surova, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses issues related to certification in the construction sector. The main regulatory documents, certification stages that a construction organization must pass in order to obtain a certificate of conformity are given.*

**Keywords:** certification, certificate of conformity, construction, products, certification stages

В условиях насыщенного товарами и услугами рынка потребителю недостаточно заявлений изготовителей и продавцов о соответствии качества продукции, работ и услуг требованиям стандартов. Потребителю необходимо гарантированное независимой стороной подтверждение соответствия того, что продукция, работа или услуга соответствуют определенному уровню качества. Такое подтверждение может быть дано путем осуществления специальной процедуры, которая называется сертификация [1].

Сертификация – это деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям Российской Федерации, важнейший механизм, который позволяет контролировать качество продук-

ции, поступающей на рынок к потребителю. Получение сертификата – это не просто оформление документов, проведение проверок и испытаний. Это сложный процесс, способствующий повышению доверия потребителей и партнеров, повышению конкурентоспособности продукции и предприятия в целом.

Проведение процедуры подтверждения соответствия, в том числе сертификации продукции, на сегодняшний день является актуальным в различных сферах промышленности, в том числе и в строительной области.

Как и любые другие продукты производства, строительные объекты подлежат сертификации. К объектам сертификации в строительной сфере относятся продукция предприятий строительной отрасли, проектная продукция, здания и сооружения (как объекты строительства), работы и услуги в строительстве [2].

Вопросы, связанные с сертификацией в строительстве, являются актуальными, так как без понимания и представления о процессе сертификации невозможно проведение данной процедуры в строительной сфере. На каждом этапе, начинающимся с проекта и заканчивающимся возведением и последующей эксплуатацией сооружения, специалист должен заранее знать, какие требования предъявляются к его продукту.

Сертификация в строительстве носит добровольный характер за исключением случаев, когда действующим законодательством РФ установлено применение обязательной сертификации [2]. Проведение сертификации в строительстве осуществляется с целью оценить соответствие продукции требованиям, которые установлены в международных и национальных стандартах, технических условиях на продукцию, включая область ее применения, а также приведенным в строительных нормах и правилах расчетным и другим характеристикам.

Основные требования, предъявляемые к строительной продукции, приведены в следующих документах:

- Федеральный закон РФ от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
- РДС 10-231-93 «Система сертификации ГОСТ Р. Основные положения сертификации продукции в строительстве».
- РДС 10-232-94 «Порядок проведения сертификации продукции в строительстве».

Сертификация продукции, работ и услуг в области строительства осуществляется в следующем порядке [3]:

1. подача заявки на проведение сертификации продукции в строительстве;
2. рассмотрение заявки с принятием решения о возможности проведения сертификации;

3. выбор испытательной лаборатории с последующим составлением и утверждением программы и методики сертификации;
4. отбор и идентификация образцов с последующим проведением испытаний продукции (исключение может составить испытание строительных конструкций в виду сложности их поставки). Испытания проводятся на типовых образцах продукции, которые должны иметь сопроводительную документацию;
5. оформление протокола испытаний;
6. анализ состояния производства продукции проводится, чтобы определить наличие необходимых и достаточных условий, обеспечивающих стабильность данной продукции по показателям качества;
7. анализ полученных результатов и принятие решения о выдаче сертификата соответствия;
8. оформление, регистрация, выдача сертификата соответствия и разрешение на применение знака соответствия;
9. проведение ежегодного инспекционного контроля за сертифицированной продукцией, производством и/или системой менеджмента качества.

Данные стадии должна пройти любая строительная продукция, подлежащая как обязательной, так и добровольной сертификации. Как можно догадаться из перечня, этот процесс занимает большое количество времени, порой намного большее, чем проектирование и возведение самого объекта.

Сертификация строительной продукции – сложный поэтапный процесс, выполняемый с целью проверки соответствия качества выпускаемой продукции требованиям стандартов. Необходимость данной процедуры обусловлена тем, что ее выполнение обеспечит безопасность продукции строительства для жизни, здоровья, окружающей среды, обеспечит надежность и долговечность сооружения, а также будет способствовать повышению конкурентоспособности продукции.

Таким образом, использование строительными организациями процедур подтверждения соответствия может стать действенным способом защиты рынка и потребителя от недобросовестных производителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов И.И.* Сертификация в строительстве. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=603309#text> (дата обращения 15.03.2022).
2. РДС 10-231-93 «Основные положения сертификации продукции в строительстве». М.: Минстрой России. 1995. 19 с.
3. РДС 10-232-94 «Порядок проведения сертификации продукции в строительстве». М.: Минстрой России. 1995. 23 с.

## **СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕЕ СЕРТИФИКАЦИЯ**

**А.А. Тчанникова, Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Статья посвящена рассмотрению одного из способов управления окружающей средой на предприятии – системы экологического менеджмента, с последующей ее сертификацией. В работе рассмотрен порядок сертификации СЭМ, а также выявлены возможные проблемы.*

**Ключевые слова:** система экологического менеджмента, стандарты, предприятие, сертификация, процедура

## **ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM OF THE ENTERPRISE AND ITS CERTIFICATION**

**A.A. Tchannikova, E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article is devoted to the consideration of one of the ways of managing the environment in an enterprise - an environmental management system, followed by its certification. The paper considers the procedure for certification of EMS, as well as identified possible problems.*

**Keywords:** environmental management system, standards, enterprise, certification, procedure

В настоящее время в большинстве стран значительное внимание уделяется вопросу улучшения качества жизни, как со стороны общественных организаций, так и со стороны государства. Важным аспектом в решении данного вопроса является улучшение экологической обстановки.

Лидеры на мировом рынке направляют свою деятельность на разработку экологической политики на предприятиях. Современные нормы в области экономического управления – международные стандарты.

Стандарты ISO серии 14000 способствуют созданию международного и консенсуального метода оценки состояния окружающей среды, контролю за информацией и безопасностью, точностью и достоверностью, устранению возникающих торговых барьеров. Несмотря на то, что сертификация на соответствие стандарту ISO 14001:2015 добровольна, многие предприятия стремятся получить сертификат. Таких предприятий уже более 20 тысяч в сотнях стран мира [1].

Стандарты ИСО серии 14000 представляют собой перечень требований к организации системы административного управления на предприятии, которые гарантируют предприятию экологическую эффективность работы производственной системы. Данные стандарты могут использоваться любыми предприятиями и организациями, они нацелены на постоянное совершенствование со стороны руководства в области воздействия на окружающую среду.

На сегодняшний день предприятие АО «Ярославский технический углерод В.Ю. Орлова» внедряет систему экологического менеджмента в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 14001-2016 [2].

Подтверждением правильного функционирования системы экологического менеджмента на предприятии АО «Ярославский технический углерод имени В.Ю. Орлова» является сертификат системы экологического менеджмента (СЭМ), который оно планирует получить после успешного внедрения СЭМ.

Для получения сертификата СЭМ предприятие должно пройти определенные этапы:

1. Начальный этап.

На данном этапе изучается нормативная и методическая документация. Осуществляется обучение работников – будущих специалистов в области экологии, также возможен вариант привлечения специалистов со стороны.

Далее происходит оценка имеющейся ситуации на предприятии с точки зрения экологии. Готовится специальная документация для проведения оценки текущего состояния на предмет использования техники и технологий, потребления ресурсов и энергии, безопасности для здоровья работников, безотходности производства. В заключение этого этапа принимается решение о необходимости внедрения СЭМ.

2. Разработка системы экологического менеджмента.

Сначала происходит обучение руководства и специалистов предприятия, участвующих в разработке и внедрении СЭМ. Затем создается рабочая группа по разработке системы. Далее происходит разработка элементов СЭМ: разработка структуры, экологической политики, определение экологических целей, а также разработка процедур и методов

анализа. После разрабатываются задачи, программы, ответственность и системы мониторинга.

### 3. Внедрение СЭМ.

Происходит внедрение процедур на предприятии. На данном этапе одну из основных ролей играют руководители среднего и низшего звена. Полное внедрение необходимых процедур осуществляется не одновременно и в разных подразделениях, так как для этого требуется участие рабочей группы. Для начала происходит обучение руководителей среднего и низшего звена, а затем уже всего персонала.

### 4. Функционирование системы экологического менеджмента.

На данной стадии руководители низшего уровня осуществляют контроль и корректировку выполнения процедур в течение достаточно длительного периода времени. Необходим контроль для корректного и систематического выполнения процедур, а также выявления основных проблем несоответствий.

Для достижения экологических целей требуются финансовые, человеческие, технические ресурсы. Достижение целей эффективно за счет оптимизации использования ресурсов, минимизации и устранения рисков. Отдельное внимание уделяется мониторингу процессов и результатов деятельности. Промышленное предприятие может само определять подходы и методы мониторинга в соответствии с установленными задачами и доступными ресурсами.

Этот этап также характеризуется проведением внутренних аудитов с участием нескольких специалистов. На этапе функционирования производится анализ системы экологического менеджмента, оценка руководством и совершенствование системы. Анализ, проведенный на основе внутреннего аудита, является важным инструментом развития и улучшения системы экологического менеджмента [3].

### 5. Сертификация.

Заключительный этап по внедрению СЭМ. Процесс оценки соответствия СЭМ включает следующие основные этапы:

- Организационный этап начинается с подачи заявки предприятия, принятия ее и рассмотрения органом сертификации. Затем идет оценка стоимости работ и заключение договора на сертификацию, прием документов от предприятия и формирование сертификационной комиссии.
- Предварительная оценка СЭМ на основе анализа предоставленных документов и сведений с оформлением отчета предварительной проверки СЭМ.
- Контроль и оценка СЭМ. Эксперты составляют план аудита и согласовывают с предприятием. Эксперты выезжают в организацию для

оценки соответствия СЭМ стандарту. Принимается решения о выдаче или невыдаче сертификата соответствия СЭМ.

- Государственная регистрация и выдача сертификата соответствия сроком действия на 3 года и разрешения на использование знака соответствия системы сертификации.

- Инспекционный контроль проводится ежегодно в течение всего срока действия сертификата [4].

При разработке и внедрении СЭМ любое предприятие может столкнуться с определенными проблемами не только в процессе работы, но и при получении сертификата СЭМ.

Таким образом, в процессе сертификации СЭМ на предприятии АО «Ярославский технический углерод В.Ю. Орлова» могут возникнуть следующие проблемы, которые предприятию необходимо будет решить:

- непонимание руководителем сути системы управления окружающей средой;

- получение сертификата СЭМ как основного мотива внедрения СЭМ;

- недостаточная подготовка необходимой документации;

- недостоверная информация, полученная при предварительной оценке состояния окружающей среды и воздействия на нее предприятием;

- привлечение и возложение полной ответственности за разработку и внедрение СЭМ на экологическую службу предприятия;

- недостаток финансов;

- непонимание персоналом работ по внедрению и разработке СЭМ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система экологического менеджмента как основа экологизации бизнеса. URL: <https://moluch.ru/archive/58/7989/> (дата обращения 14.03.2022).

2. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. М.: Стандартинформ, 2018. 31 с.

3. Система экологического менеджмента предприятия. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-ekologicheskogo-menedzhmenta-promyshlennogo-predpriyatiya-suschnost-standarty-etapy-vnedreniya/viewer> (дата обращения 14.03.2022).

4. Сертификация СЭМ. URL: <http://rostest.msk.ru/dlya-spravki/sertifikaciya-sem/> (дата обращения 14.03.2022).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ARIS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОАО «РЖД»**

**П.А. Уваровская, А.С. Ермишин**

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается актуальность проблемы моделирования бизнес-процессов с использованием методологии ARIS. В качестве примера используется ARIS. Рассматривается подход, проблемы и возможности улучшения работы по моделированию.*

***Ключевые слова:** моделирование, бизнес-процесс, ARIS, методология*

## **USING ARIS FOR MODELING BUSINESS PROCESSES OF JSC RZD**

**P.A. Uvarovskaya, A.S. Ermishin**

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The relevance of the problem of modeling business processes using the ARIS methodology is considered. ARIS is used as an example. The approach, problems and opportunities for improving the modeling work are considered.*

***Keywords:** modeling, business process, ARIS, methodology*

Бизнес-процесс – это логический, последовательный, взаимосвязанный набор действий, который потребляет ресурсы производителя, создает ценность и доставляет результаты потребителю. К числу основных причин, побуждающих организацию к оптимизации бизнес-процессов, относятся необходимость сокращения затрат или продолжительности производственного цикла, требования потребителей и государства, реализация программ управления качеством, слияния компаний, внутренние организационные противоречия и др.

Моделирование бизнес-процессов – эффективный инструмент поиска путей оптимизации деятельности компании, инструмент прогнозирования и минимизации рисков, возникающих на различных этапах реорганизации предприятия. Этот метод позволяет дать стоимостную оценку каждому отдельному процессу и всем бизнес-процессам организации в совокупности.

Собственно моделирование бизнес-процессов преследует несколько целей:

Во-первых, описание процессов. С помощью моделирования можно проследить, что происходит в процессах от начала до конца. Моделирование позволяет получить «со стороны» взгляд на процессы и выявить улучшения, которые повысят их эффективность.

Во-вторых, соотношение процессов. Моделирование бизнес-процессов устанавливает правила выполнения процессов, т. е. то, как они должны выполняться. Если соблюдаются правила, рекомендации или требования, установленные в моделях, можно достичь желаемой производительности процесса.

В-третьих, установление взаимосвязей в процессах. Моделирование бизнес-процессов устанавливает четкую взаимосвязь между процессами и требованиями, которым они должны соответствовать [1].

Под моделью ARIS понимается совокупность объектов, объединенных между собой различными связями, и ряд вспомогательных элементов. Модель характеризуется типом, именем и свойствами. Тип модели определяет, описывает ли модель организационную структуру, функции, данные, процессы или результаты. Имя модели является частью ее атрибутов.

Модель ARIS является частью расширенной организационной модели. В то же время модель может представлять собой отдельный объект, являясь его детальным описанием.

При построении моделей методология ARIS требует соблюдения определенных требований. К ним относятся:

1. правильность модели;
2. актуальность (моделировать следует только те фрагменты реальной системы, которые соответствуют назначению системы, т.е. модель не должна содержать избыточной информации);
3. соизмеримость затрат и выгод;
4. ясность и простота использования модели;
5. сопоставимость моделей;
6. иерархия;
7. систематизация структуры, предполагающая, как обязательное условие, возможность интеграции моделей различных типов.

Модели классифицируются с использованием методологических фильтров, при этом каждая модель ARIS содержит: объекты – неделимые части модели, выделенные по некоторому признаку, разработанному в соответствии с методологией ARIS, и имеющие набор переменных характеристик-свойств, описывающих их поведение; отношения между объектами – описываемые отношения между объектами, которые имеют свои свойства и характеристики, а также характеризуются их внешним видом и признаками.

Модель может включать в себя: внешние встроенные объекты, такие как изображения, документы текстового редактора и т.п.; текст, размещенный в любом месте модели; геометрические фигуры.

Структурный анализ является методологической разновидностью системного анализа, он предполагает использование графического представления для описания структуры и деятельности организации. При этом реализуются основные принципы структурного анализа: разделение на уровни абстракции с ограничением количества элементов на каждом уровне; ограниченный контекст, включающий только существенное на каждом уровне детализации; использование строгих формальных правил ведения записей; последовательное приближение к конечному результату [2].

Миссия ОАО «РЖД» – эффективное развитие конкурентоспособного на российском и мировом рынках транспортного бизнеса, ядром которого является эффективное выполнение задач национального железнодорожного перевозчика грузов и пассажиров.

Организационная структура ОАО «РЖД» представляет собой достаточно сложную смешанную структуру. Кроме того, в состав РЖД входит несколько филиалов, которые в структуре выделены в отдельные подразделения. На верхнем уровне иерархии мы наблюдаем линейную подчиненность. Далее, например, региональные дирекции и центры подчиняются функциональным управлениям, а те, в свою очередь, линейно подчиняются главным управлениям РЖД.

Все руководители филиалов подчиняются непосредственно президенту компании. Кроме того, в филиалах имеются отделы кадров, инженерных технологий и др., которые функционально взаимодействуют с головной компанией и функционально подчиняются президенту компании.

Сегодня ОАО «РЖД» имеет большое стратегическое значение для нашей страны. Дело в том, что РЖД является элементом экономической системы, которая обеспечивает бесперебойную работу промышленных компаний, а также обеспечивает доставку необходимых грузов в различные уголки России, кроме того, оказывает услуги по перевозке пассажиров.

РЖД является одним из лидеров железнодорожных предприятий, а именно входит в пятерку лидеров по протяженности пути, уступая только США, Китаю и Индии.

ОАО «РЖД» осуществляет следующие виды деятельности:

- доставка товаров и багажа (в том числе для общественных нужд);
- погрузочно-разгрузочные работы;
- услуги хранения грузов и багажа;
- перевозки пассажиров дальнего следования;
- перевозки пассажиров в пригородном сообщении;
- предоставление инфраструктурных услуг;
- оказание услуг локомотивной тяги;
- ремонт подвижного состава (плановый и текущий);
- производство и реализация пищевых и промышленных товаров;
- посредническая, торгово-закупочная и снабженческо-сбытовая деятельность;
- обеспечение хранения и реализация горюче-смазочных материалов;
- строительство объектов инфраструктуры;
- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- оказание услуг по охране природы, осуществление экологического контроля.

Моделирование бизнес-процессов позволяет анализировать не только то, как работает предприятие в целом, как оно взаимодействует с внешними организациями, клиентами и поставщиками, но и то, как организована деятельность на каждом отдельном рабочем месте.

Программные продукты, присутствующие на рынке в большом количестве и позиционирующиеся как «программное обеспечение для управления предприятием», используют эталонные модели, не всегда соответствующие бизнес-модели компании. В лучшем случае программный продукт можно адаптировать. А для этого требуется хорошо алгоритмизированное пространство управления. Процессный подход является одним из наиболее совершенных методов построения эффективного управления предприятием. Процессный подход является эффективной системой с экономической точки зрения.

В результате анализа процессного подхода к управлению предприятием была раскрыта сущность самого понятия «процессный подход», рассмотрены основные методологии и подходы управления процессным подходом на предприятии РЖД, особое внимание уделено современным представлениям и основам применения бизнес-процессов и информационных технологий в развивающихся странах мира, в экономике и маркетинге, а также определена важная степень влияния процессного подхода на эффективность управления.

В условиях перехода на автоматизированное производство с использованием новейших информационных технологий предприятие сможет выйти на новый уровень. Для того чтобы эти изменения произошли, предприятия должны выстроить четкую структуру управления процессами. Оптимизация процессов играет важную роль. Все это снова направляет нас к основной идее процессного подхода. Внедрение этой идеи может изменить всю структуру современного общества, коренным образом изменить ход деятельности в организациях.

Основную роль в РЖД играет пассажир, для которого строятся разного рода системы управления и процессы. Выяснено, что внедрение инноваций, таких как создание новых бизнес-процессов, позволит улучшить работу РЖД по всем направлениям, поможет выйти предприятию на совершенно иной уровень. Все это позволит привлечь новый поток клиентов, расширить спектр предлагаемых услуг, повысить качество предоставляемых услуг, а также повысить стоимость организации в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Светлакова Е.Н.* Использование программной платформы ARIS для автоматизации моделирования бизнес-процессов ОАО "РЖД" / Е.Н. Светлакова, А.А. Степанова // Вестник уральского государственного университета путей сообщения. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. ун-та путей сообщения, 2020. С. 56-64.
2. *Файзрахманова Е.В.* Применение процессного подхода в системе управления транспортным предприятием / Е.В. Файзрахманова, М.П. Репина. Смоленск: Наукосфера, 2021. С. 373-378.

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ  
МЕТОДОЛОГИИ ARIS ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ОАО «РЖД»**

**П.А. Уваровская, С.А. Царева**

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается актуальность адаптации методологии ARIS с целью повышения качества управления бизнес-процессами. Показаны предпосылки моделирования деятельности компании для повышения результативности основных процессов структурного подразделения Северного Филиала Открытого Акционерного Общества «Федеральная Пассажирская Компания».*

**Ключевые слова:** моделирование, бизнес-процесс, ARIS, методология

**REGIONAL ASPECTS OF ADAPTING THE ARIS  
METHODOLOGY TO IMPROVE THE QUALITY OF  
GOVERNANCEBUSINESS PROCESSES OF RZD JSC**

**P.A. Uvarovskaya, S.A. Tsareva**

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The relevance of adapting the ARIS methodology in order to improve the quality of business process management is considered. The prerequisites for modeling the company's activities to improve the effectiveness of the main processes of the structural unit of the Northern Branch of the Open Joint Stock Company "Federal Passenger Company" are shown.*

**Keywords:** modeling, business process, ARIS, methodology

Железнодорожный транспорт является важнейшим звеном транспортной системы Российской Федерации: на его долю приходится более 44% грузооборота и свыше 30% пассажирооборота всей транспортной

системы страны, формируя 1,7% ВВП России, 1,5% налоговых поступлений в бюджетную систему страны, до 4% от общего объема капитальных вложений в России [1].

Решить проблему повышения качества на таких сложных технологических объектах, как предприятия железнодорожного транспорта, можно путем внедрения современных методов управления качеством.

Выявление и моделирование бизнес-процессов позволяет анализировать не только то, как работает предприятие в целом, как оно взаимодействует с внешними организациями, клиентами и поставщиками, но и то, как организована деятельность в каждом конкретном подразделении.

Среди основных причин, побуждающих организацию к разработке, внедрению и оптимизации бизнес-процессов, можно выделить необходимость сокращения затрат или продолжительности производственного цикла, внедрение программ управления качеством, решение внутриорганизационных противоречий и др. [1].

ARIS - это архитектура интегрированных информационных систем, методология и тиражируемый программный продукт для моделирования бизнес-процессов организаций.

Методология ARIS реализует принципы системного структурного анализа, базовым понятием которого является структурный элемент (объект).

Структурный анализ является методологической разновидностью системного анализа. Структурный анализ предполагает использование графического представления для описания структуры и деятельности организации. При этом реализуются основные принципы структурного анализа: разделение на уровни абстракции с ограничением количества элементов на каждом уровне; ограниченный контекст, включающий только существенное на каждом уровне детализации; использование строгих формальных правил ведения записей; последовательное приближение к конечному результату.

Серьезным преимуществом ARIS перед другими инструментами является то, что он имеет развитые графические средства представления сгенерированных моделей. ARIS позволяет отображать любую информацию, содержащуюся в базе данных проекта, в отчетном документе, а также получать аналитическую отчетность, структурированную по ряду признаков. ARIS является подходящим инструментом для детальной классификации, структурирования и визуализации операционных рисков.

Организация Вагонное отделение Котлас (ВЧ-6), структурное подразделение Северного филиала Открытого акционерного общества «Федеральная пассажирская компания» (далее - ВЧ-6), является структурным

подразделением Северной железной дороги - филиала РЖД. ВЧ-6 создан приказом начальника Северной железной дороги от 3 декабря 1994 года.

Организационная структура ВЧ-6 определяется в соответствии с типовым штатным расписанием железных дорог. Численность ВЧ-6800 человек.

В состав ВЧ-6 входят несколько подразделений: участок производства опытных работ по изготовлению новых приборов, устройств, механизмов; отдел материально-технического снабжения; участок технического надзора за состоянием производственных и бытовых зданий; участок ремонта и наладки машинного оборудования и поточно-конвейерных линий; участок эксплуатации и ремонта парасиловых установок, санитарно-технических устройств, трубопроводной арматуры и электрооборудования; участок по эксплуатации и ремонту подъемно-транспортных машин и механизмов; площадка для оснащения легковых автомобилей; участок ремонтно-строительных работ; группа разработки комплексных проектов реконструкции депо; учебный центр по профессиональной подготовке рабочих на производстве; производственно-технический отдел; общежитие; отдел главного технолога; планово-экономический отдел; отдел организации и нормирования труда; отдел кадров; бухгалтерия.

Основным видом деятельности ВЧ-6 является обеспечение процесса пассажирских перевозок. ВЧ-6 осуществляет свою деятельность в границах железной дороги, в порядке, установленном нормативными документами ОАО "РЖД".

Одним из элементов системы является блок контроля качества продукции, поставляемой на РЖД, целью которой является обеспечение эксплуатационной надежности подвижного состава, повышение качества ремонта и обслуживания подвижного состава и других технических средств железнодорожного транспорта, обеспечить безопасные условия труда и охрану окружающей среды.

В его состав входит Центр технического аудита (ЦТА) (контроль качества ремонта и обслуживания технических средств и их составных частей, аудит систем менеджмента качества, технический аудит, инспекционно-приемочный контроль. Вышеуказанные подразделения действуют на базе принципов, исключающих какое-либо влияние на результаты анализов и испытаний. Сегодня они являются независимыми экспертами в области контроля качества продукции, поставляемой на РЖД.

На рис. 1 представлена структура бизнес-архитектуры холдинга «РЖД» [2].

Организационная структура предприятия ВЧ-6 представлена на рис. 2.



Рис. 1. Структура бизнес-архитектуры холдинга РЖД

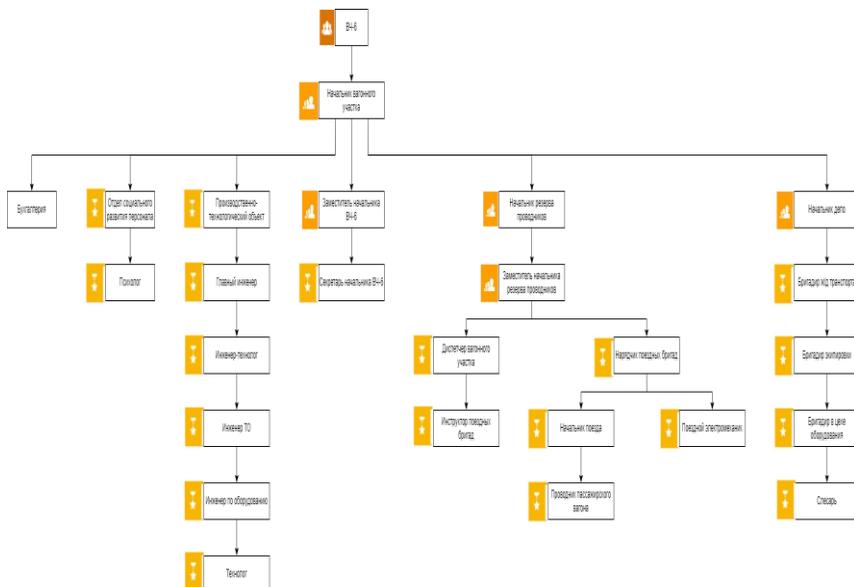


Рис. 2. Организационная структура предприятия ВЧ-6

Таким образом, благодаря моделированию бизнес-процессов можно проанализировать не только то, как работает предприятие в целом, как оно взаимодействует с внешними организациями, клиентами и поставщиками, но и то, как организована деятельность в каждом конкретном подразделении. Использование компьютерных технологий и программных продуктов даст организации больше возможностей для описания или моделирования процессов, позволит дать более подробное и полное описание деятельности, что повысит качество предоставляемых услуг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эрлих Н.В. Применение процессного подхода с визуализацией управления ОАО "РЖД" с целью повышения эффективности его деятельности / Н.В. Эрлих, А.В. Эрлих // Наука и образование транспорту. 2020. С. 174-177.
2. Распоряжение ОАО «РЖД» от 26 декабря 2017 г. № 2743р «Свод правил моделирования бизнес-архитектуры и бизнес-процессов». М., 2017.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ**

**М.А. Удальцов, Д.А. Богданов**

Научный руководитель – **Д.А. Богданов**, старший преподаватель

Вологодский государственный университет

*В статье исследуются методы повышения уровня надежности технических систем, позволяющих оперативно прогнозировать условия и время появления отказов на основе совокупности параметров и статистических данных об отказах узлов оборудования.*

***Ключевые слова:** надежность, методы исследования, оборудование, прогнозирование, анализ, показатели, математическая модель*

## **IMPROVEMENT OF RESEARCH METHODS AND DECISION- MAKING ON EQUIPMENT RELIABILITY ASSESSMENT**

**M.A. Udaltsov, D.A. Bogdanov**

Scientific Supervisor – **D.A. Bogdanov**, Senior Lecturer

Vologda State University

*The article examines the methods of increasing the level of reliability of technical systems that allow to quickly predict the conditions and time of occurrence of failures based on a set of parameters and statistical data on failures of equipment components.*

***Keywords:** reliability, research methods, equipment, forecasting, analysis, indicators, mathematical model*

Повышение Уровня надежности, совершенствование методов анализа, рациональное применение их результатов в современном производстве в настоящее время относится к числу стратегических задач.

При оценке уровня надежности технических систем применяются различные методы и способы исследования [1]. В результате обобщения материалов источников информации может быть предложена следующая

классификация методов исследования надежности оборудования в зависимости от ряда признаков [2]:

1) от вида исходной информации, используемой для исследования надежности технических систем;

2) от механизма (логической последовательности) исследования надежности;

3) от набора показателей, используемых для оценки надежности технических систем при исследовании;

4) от характера выборки и результатов анализа исходных данных.

В зависимости от вида исходных данных, используемых для исследования надежности и безотказности технических систем, определения критериев [3] их надежности, осуществляют априорный или апостериорный анализ (табл. 1).

**Таблица 1. Характеристика методов исследования надежности в зависимости от вида исходной информации**

Методы анализа	Характеристики методов анализа
Априорный анализ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– проводится до возникновения отказа;</li> <li>– используется при изучении оборудования характеристики, которого могут быть четко определены;</li> <li>– опыт использования позволяет осуществить детализацию;</li> <li>– применяется при прогнозировании более серьезных нежелательных последствий, которые еще не возникали</li> </ul>
Апостериорный анализ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выполняется после того, как нежелательные последствия уже произошли;</li> <li>– применяется с целью разработки рекомендаций для дальнейшего использования и формулирование выводов, которые будут полезными для последующего анализа;</li> <li>– берет за основу исследование событий, имеющих место во время функционирования оборудования;</li> <li>– применим для исследования сложных систем, связанных с работой людей, управлением;</li> <li>– является основой для последующего априорного анализа;</li> <li>– применим для исследования незначительных и потенциальных событий, неисправностей (например, внезапные остановки действующего оборудования)</li> </ul>

Оба метода исследования технических систем основываются на применении прямых и обратных методов анализа, характеристики которых представлены (табл. 2).

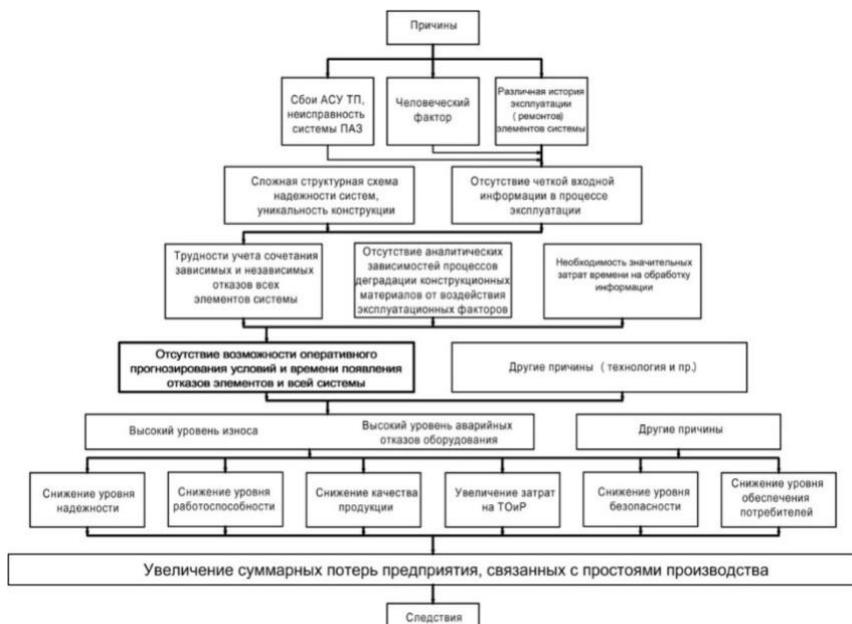
Разработка метода оценки состояния оборудования, позволяющего оперативно прогнозировать условия и время появления отказов на основе совокупности параметров и статистических данных об отказах узлов оборудования при отсутствии четкой информации значений переменных, является актуальной научно–технической задачей [4].

**Таблица 2. Характеристика методов исследования надежности в зависимости от последовательности исследования**

	Прямой метод (индуктивный)	Обратный метод (дедуктивный)
Объект	Причины, чтобы предвидеть последствия	Последствия, чтобы определить причины
Качество анализа	<ul style="list-style-type: none"> <li>– удобен для моделирования систем;</li> <li>– основывается на изучении механизмов и развития последовательности отказов или сбоев элементов технических систем;</li> <li>– зависит в значительной мере от правильности выбора различных отказов на начальной стадии исследования;</li> <li>– примером служит метод «дерево событий».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– эффективно используется при анализе четких по структуре систем;</li> <li>– представляется более систематизированным;</li> <li>– используется после возникновения нежелательного события, исходя из которых анализ проводят в обратном направлении к тем событиям, которые имели место раньше и появление которых необходимо исключить, поскольку они могут быть причиной неблагоприятных последствий в будущем;</li> <li>– результирующая схема напоминает дерево, поэтому метод получил название «анализ диагностического дерева отказов».</li> </ul>

При решении проблемы адаптации известных методов для прогнозирования надежности оборудования необходимо описать причины возникновения для формирования эффективного решения по способам устранения. Представлено разработанное «дерево проблем» (рис. 1) объекта.

В ходе решения данной проблемы необходимо изучить значительное количество данных с различных позиций. Очень важно представить неопределенные факторы в количественной форме.



**Рис. 1. Дерево проблем для принятия решения об оценке состояния оборудования**

Однако представленные проблемы, которые принимаются к рассмотрению, имеют очень разнообразную природу с точки зрения возникновения их причин и особенностей. Разработка и применение математических моделей оценки состояния оборудования позволит комплексно оценить причины возникновения отказов, интерпретировать их сущность и различать их особенности, что восполнит нехватку информации и позволит дорабатывать применяемые модели [5]. Затем с учетом мнений специалистов, на основе интуиции и опыта можно сделать заключение о степени проработанности моделей, а также предусмотреть последствия отказов и повреждений элементов системы оборудования.

Методы, позволяющие рассчитывать время эксплуатации технической системы, имеют для исследования и применения на практике большее значение. Наиболее часто используемым для расчета вероятности безотказной работы оборудования в течение определенного времени (наработки или ресурса) является аппарат математической статистики и теории вероятностей, реализованный в теории надежности технических систем.

Модели, обученные на полученных данных, позволят определить оптимальный безопасный режим эксплуатации оборудования процесса и фактические сроки эксплуатации до отказа системы.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно констатировать, что в настоящее время разработка метода оценки состояния оборудования, позволяющего оперативно прогнозировать условия и время появления отказов на основе совокупности параметров и статистических данных об отказах узлов оборудования, является актуальной задачей, решение которой существенно повысит эффективность управления физическими активами предприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Математическое моделирование и разработка системы автоматической корректировки режимов вулканизации эластомерных покрытий валов металлургических производств / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, Е.В. Ершов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. № 3(78). С. 46-54.
2. Системное моделирование полного цикла функционирования объектов с эластомерными покрытиями / Ю.Р. Осипов, Д.А. Богданов, С.Ю. Осипов, С.А. Шлыков // Современные наукоёмкие технологии. 2017. № 7. С. 49-54.
3. *Полетаев В.П.* Автоматизированный комплекс подготовки информации для оптимизации процессов на постпроизводственных стадиях жизненного цикла изделий / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Автоматизация в промышленности. 2017. № 8. С. 35-38.
4. *Полетаев В.П.* Алгоритмическое обеспечение системы оценки состояния оборудования / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2017. С. 386-389.
5. *Полетаев В.П.* Анализ методов исследования и оценки надежности технических систем / В.П. Полетаев, Д.А. Богданов // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 212-215.

## К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

**А.А. Шашкина, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

*В статье предпринимается попытка раскрыть сущность риска, рассмотрены основные подходы, исторический аспект развития концепции риск-менеджмента.*

**Ключевые слова:** концепции риск-менеджмента, история становления риск-менеджмента

## ON THE ISSUE OF RISK MANAGEMENT

**A.A. Shashkina, I.V. Ivanova**

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

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article attempts to reveal the essence of risk, discusses the main approaches, the historical aspect of the development of the concept of risk management.*

**Keywords:** risk management concepts, history of risk management formation

В современном мире все большую распространенность и популярность обретает тема рисков в менеджменте качества. Риски неизбежно сопровождают все направления и сферы деятельности любой организации. Риск является сложным явлением, которое непрерывно связано с пониманием неопределенности. Неопределенность вносит в общественную среду фактор риска, а риск в свою очередь считается одним способом снятия данной неопределенности.

Впервые обратил внимание на проблему риска американский экономист Фрэнк Найт. Ученый представил риск как объективную вероятность события, которое может быть выражено количественно. Чем больше вероятность стандартного отклонения от ожидаемой величины, тем

меньше риск, и наоборот. В таком случае возникает потребность в инструментальных методах и средствах, с помощью которых возможно было учитывать вероятность возникновения положительных и отрицательных результатов, так называемая потребность в риск-менеджмент. Во многих случаях понятие риска определяют только с отрицательным результатом, но необходимо также учитывать, что есть вероятность получения и положительных результатов [1].

В ГОСТ Р 51897-2002 приведено понятие менеджмента риска. Менеджмент риска - скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска [2]. А под управлением риска понимается процесс рационального распределения затрат на снижение различных видов риска в условиях ограниченности материальных ресурсов общества. В свою очередь содержание риска менеджмента может отражаться в вероятности достижения желаемого результата, а также в возможности отклонений от предполагаемой цели.

Управление рисками – понятие очень широкое и объемное, имеющее свою стратегию, цель и миссию. Основной задачей является обнаружение области повышенного риска, оценка степени риска и разработка мер по их предупреждению и предотвращению. Современное понятие риска основывается на придании максимальной устойчивости деятельности организации посредством прогнозирования и выработки мер по предотвращению рисков.

Существует два подхода к пониманию управления рисками. Ряд специалистов отрицают саму возможность управления рисками, считая, что неопределенность измерить нельзя и она не поддается формализации. Другая точка зрения основывается на положении о том, что любым риском можно управлять, используя различные подходы и приемы. Одна из причин такого разногласия – это эволюция управления рисками. С рисками человечество сталкивалось в течение всей своей истории, ход экономического, социального, технического прогресса можно понимать как борьбы с рисками. Однако как специальный вид деятельности управление рисками появилось только в XX веке. С появлением современных средств передвижения, развитием крупного строительства возникает потребность управлять рисками. Первый опыт управления рисками относится еще к 1890 году, когда был составлен план управления рисками для компании занимающейся строительством железной дороги. Далее уже в середине XX века с появлением сложных технических устройств и средств управление рисками становится актуальным. Человек становится источником серьезных и крупных рисков. В 50-е годы появляется новая профессия – менеджер по рискам. Выделение самого процесса управления рисками относится к 70-м гг. XX века [1].

На данный момент существует три концепции управления рисками: концепция минимального риска, концепция приемлемого риска, концепция совершенного риска [3]. Все три концепции связаны с экономическим риском

Вне зависимости от того, какая концепция принята на предприятии, риск-менеджмент определяется как структурированный подход, включающий в себя процессы, людей, технологии, компетенции для оценки и управления факторами риска.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богоявленский С.Б.* Управление риском в социально-экономических системах. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. 147 с.
2. ГОСТ Р 51897-2002 «Менеджмент риска. Термины и определения». М.: Госстандарт России, 2002. 8 с.
3. *Чернова Г.В.* Управление рисками: Учеб. пособие / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев. М.: ТК Велби; Проспект, 2007. С. 10-15.