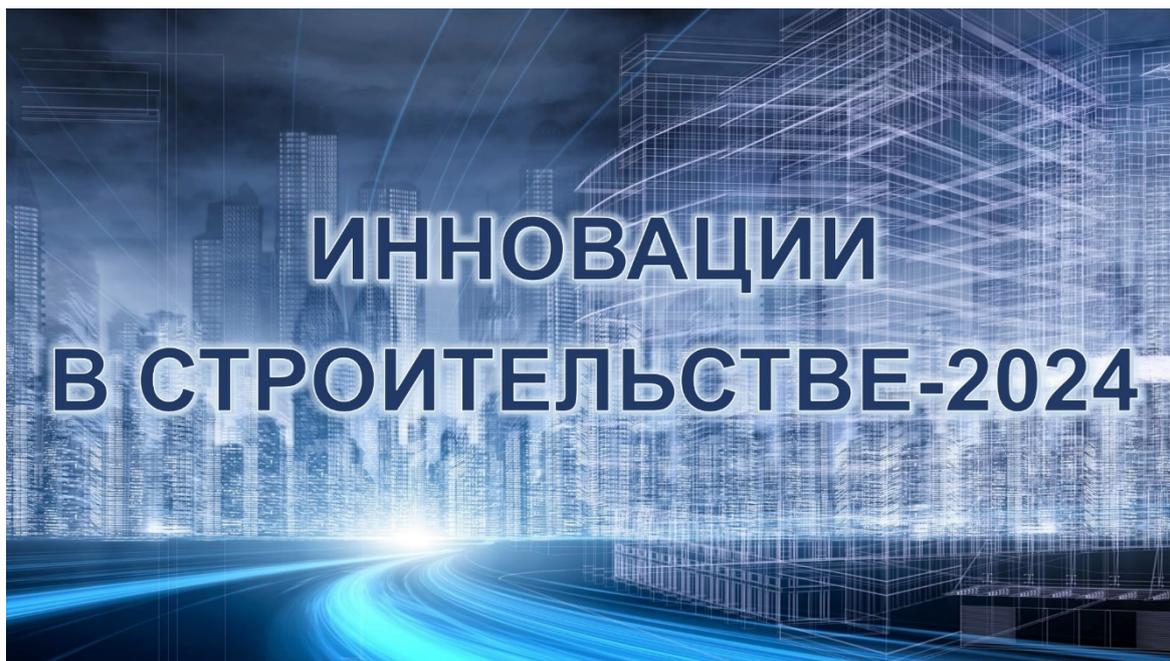


**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный инженерно-технологический университет»  
(БГИТУ)**



**Строительный институт**



**Международная  
научно-практическая конференция  
3-6 апреля 2024 г.**

**Брянск 2024**

УДК 69  
ББК 38я4  
И66

Инновации в строительстве – 2024 : материалы международной научно-практической конференции (Брянск, 3-6 апреля 2024 г.) / Брянский государственный инженерно-технологический университет, Строительный институт ; редакционная коллегия: Н.П. Лукутцова, В.В. Плотников, Н.А. Курбатская [и др.]. – Брянск, 2024. – 378 с. – ISBN 978-5-98573-356-3. – Текст : непосредственный.

В сборнике представлены материалы международной научно-практической конференции «Инновации в строительстве – 2024» по следующим секциям: инновационные строительные материалы; строительное производство, ЖКХ и экология городской среды; теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование; архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия; строительные конструкции и строительная механика; автомобильные дороги и транспортная инфраструктура; социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах.

Материалы конференции предназначены для преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов, студентов и сотрудников вузов, реализующих программы высшего образования в области строительства, а также инженерно-технических работников научно-исследовательских и производственных организаций.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. Н.П. Лукутцова; д-р техн. наук, проф. В.В. Плотников; канд. техн. наук, доц. Н.А. Курбатская; д-р с.-х. наук, проф. А.В. Городков; канд. техн. наук, доц. С.Г. Парфенов; канд. техн. наук, доц. З.А. Мевлидинов; канд. техн. наук, доц. А.А. Пыкин; д-р экон. наук, проф. И.А. Кузовлева.

Научное издание

Материалы издаются в авторской редакции

ISBN 978-5-98573-356-3

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. Инновационные строительные материалы

**Алимова Д.Н.**

Использование инновационных экологически чистых материалов в строительстве «зеленых» зданий ..... 12

**Артамонов П.А., Артамонова Е.Г., Лукутцова Н.П., Протасов А.В.,  
Зайцев А.Е.**

Исследование структуры и свойств мелкозернистого бетона с опал-кристобалит-тридимитом и суперпластификатором С-3..... 17

**Артамонова Е.Г., Лукутцова Н.П.**

Исследование строения и структуры древесного заполнителя из мягких лиственных пород древесины ..... 21

**Бондарев В.А., Стородубцева Т.Н., Морковин В.А.**

Задача переработки древесных отходов – ресурсосбережение ..... 25

**Васюнина С.В., Ромашина Ю.А., Солдатчиков А.А., Ефанова Л.Н.,  
Нетбай Т.В.**

Влияние комплексной добавки на свойства строительной керамики ..... 29

**Васюнина С.В., Чекурова А.Г., Нетбай Т.В., Тершина Ю.В.,  
Прудникова В.И.**

Анализ влияния силикатных наномодификаторов на свойства цементного камня пенобетона..... 34

**Воробьев А.А., Лукутцова Н.П., Головин С.Н., Грибанов В.В.**

Влияние пластифицирующей добавки на кинетику твердения мелкозернистого бетона с различными видами заполнителей ..... 39

**Горностаева Е.Ю., Лысенко В.В., Ямпольский А.А., Анодин Д.А.**

Использование отходов промышленности в производстве строительных материалов..... 43

**Гхебремедхин К.В., Володченко А.А., Клименко В.Г., Володченко А.Н.**

Повышение качества силикатных материалов на основе латеритов Государства Эритрея ..... 47

**Гхебремедхин К.В., Володченко А.Н., Клименко В.Г., Гродников И.Р.**

Получение композитов гидротермального твердения на основе свинцовосодержащего стекла..... 53

<b>Истерин Е.В., Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А.</b> Исследование структуры керамических образцов на основе золы-уноса ТЭЦ..	58
<b>Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Романова Е.Р., Панфилова А.А., Шкодина А.М., Тимакова Е.И.</b> Исследование морозостойкости мелкозернистого бетона, модифицированного высокодисперсным природным силикатом кальция .....	61
<b>Карпиков Е.Г., Романов Н.К., Романова Е.Р.</b> Исследование размерных параметров частиц высокодисперсной целлюлозы в условиях окислительной деструкции и механохимического синтеза .....	65
<b>Клименко В.Г., Володченко А.Н.</b> Эффективный наполнитель специальных композиционных гипсосодержащих материалов.....	69
<b>Лукаш А.А., Никишова Е.Д., Малофеев В.В., Любушкин Д.В.</b> Термопрокатные устройства для уменьшения шероховатости плитных древесных композиционных материалов .....	75
<b>Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Башарин Е.С., Клевцов О.В.</b> Способ получения смеси для крупнопористого керамзитобетона .....	78
<b>Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Комаров А.С., Киреев И.З., Самородов Р.А., Дудник А.В.</b> Размерность и агрегативная устойчивость нанодисперсной добавки на основе микрокремнезема для цементных систем .....	81
<b>Малофеев В.В., Лукаш А.А., Феллух А.</b> Оптимизация технологического процесса производства древесно-стружечных плит с целью снижения расхода связующего .....	86
<b>Мищенко Е.С., Лукаш А.А.</b> Использование латентных отвердителей для производства высококачественной пленки на основе термореактивных олигомеров.....	90
<b>Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Мовсулов М.М.</b> Роль заполнителя в формировании структуры и свойств бетона .....	93
<b>Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Дубовской П.В., Дрязгов Д.И., Грибанова А.Ю., Федина В.С.</b> Структура гипсового камня с суспензионным модификатором на основе наночастиц оксидов алюминия и кремния .....	98

<b>Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Левкин И.С., Любочко Д.С., Марусов В.А.</b> Конструкционно-теплоизоляционный базальтополистиролбетон .....	101
<b>Разрезов К.В., Лукаш А.А.</b> Облицовка стен рельефными панелями из ЛДСП .....	104
<b>Соболева Г.Н., Меркушин А.Н.</b> Использование промышленных отходов для производства строительных материалов и изделий .....	106
<b>Турчина К.И., Лукаш А.А., Никишова Е.Д.</b> Получение декора на поверхности древесных слоистых композиционных материалов.....	109
<b>Турчина К.И., Лукаш А.А., Никишова Е.Д.</b> Эффективность декорирования поверхности деталей из древесины .....	112
<b>Федоров В.Г., Глотова Т.И.</b> Инновационные технологии в сфере проектирования и строительства деревообрабатывающих предприятий .....	115
<b>Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды</b>	
<b>Бакаева Н.В., Плотникова С.В.</b> Выбросы CO <sub>2</sub> ограждающими стеновыми конструкциями каркасных зданий в течение их жизненного цикла .....	119
<b>Галаганова В.В.</b> Повышение уровня технической оснащенности производственного персонала в строительстве при выполнении трудоемких ручных операций ...	122
<b>Комков А.В., Сергеева Н.Д.</b> Проблемы нормативно-правового обеспечения эксплуатации промышленных роботов в строительстве .....	125
<b>Кулагина Л.А., Сергеева Н.Д.</b> К вопросу совершенствования организации трудоемких работ по устройству фундаментов в сложных условиях строительства .....	129
<b>Плотников В.В., Гришин Р.В., Кузнецов А.С., Плотникова С.В., Воцило О.Г.</b> Система вакуумной теплоизоляции и звукоизоляции с автоматизированным управлением свойствами наружных стен зданий .....	132

**Плотников В.В., Рождественский В.Я., Ботаговский М.В., Афонина Е.П., Сомина Е.А.**  
Стеновые конструкции с применением низкоуглеродного монолитного теплоизоляционного пенобетона на основе промышленных отходов ..... 135

**Плотников В.В., Шаройко В.В.**  
Инновационная технология возведения купольных зданий..... 138

### **Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование**

**Викторов Д.А.**  
Использование вентиляционных установок и местных кондиционеров для создания оптимальных условий нахождения людей в помещениях жилых и общественных зданий ..... 141

**Горюнова Е.А.**  
Энергоэффективный и ресурсосберегающий метод поверхностного нагрева твёрдых тел ..... 145

**Игнатов Д.В.**  
Совершенствование существующего метода регистрации параметров оборудования электрохимической защиты от коррозии систем газораспределения с применением технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия..... 149

**Курбатская Н.А., Пищенко А.С.**  
Оптимизация газопотребления шахтных обжиговых печей по показателям теплового и материального балансов ..... 155

**Пищенко А.С., Курбатская Н.А.**  
Реконструкция системы вентиляции цеха сварки с применением теплового насоса ..... 162

**Ульянов А.А., Коростелева О.В.**  
Особенности устройства пожарного водопровода в многоэтажном студенческом общежитии ..... 166

### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

**Городков А.В.**  
Неоклассицизм в архитектуре возрождения послевоенного Брянска ..... 169

**Ерофеева Г.И.**  
«Дом дивно устроен, сад тоже красив» зеленый мир усадьбы Брасово ..... 178

<b>Ильченко Е.С., Городков А.В.</b> Последний романтик (к 90-летию со дня рождения Почетного архитектора России Ю.И. Тарабина).....	184
<b>Мельниченко М.С., Городков А.В.</b> Анализ систем и сервисов мониторинга состояния дорожно-транспортных систем .....	193
<b>Мельниченко М.С., Городков А.В.</b> Проблема соответствия жилой многоэтажной застройки современным требованиям.....	197
<b>Пугосей А.П., Мельникова И.И.</b> Анализ программного обеспечения для проектирования ландшафтов .....	199
<b>Соболева Г.Н., Волкова Т.В.</b> Анализ нормативно-правового регулирования города Брянска – как способа управления градостроительным развитием территории.....	203
<b>Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика</b>	
<b>Алимов Д.В., Саломатникова В.В.</b> Изучение совместного воздействия освещенности, угла наклона и температуры поверхности солнечной батареи на вырабатываемую ею силу тока .....	207
<b>Андреев И.Ф., Мацеевич Т.А.</b> Надежность арматурного каната К-7 при корреляции коррозии между проволоками .....	213
<b>Голубов Е.В., Парфенов С.Г.</b> Исследование методов передвижки зданий и сооружений .....	217
<b>Жорина В.С., Моргунов М.В.</b> Расчет несущей способности балки из текстильно-армированного бетона ....	220
<b>Ильичев В.А., Пикин Д.Ю., Шаныкин П.А.</b> Определение эксплуатационной надежности и механической безопасности строительных конструкций колокольни .....	226
<b>Кудрявцев М.В., Тамразян А.Г.</b> Несущая способность коррозионно-поврежденных колонн при центральном сжатии .....	233

<b>Пикин Д.Ю., Ильичев В.А., Сахарова Е.В.</b> Обследование технического состояния перекрытия жилого дома после возгорания утеплителя .....	239
<b>Пикин Д.Ю., Камынин В.В., Шаныкин П.А., Тютчев Е.А.</b> Анализ влияния сварных швов на прочность арматуры А500С .....	243
<b>Прокуров М.Ю., Аксёнов В.Г.</b> Анализ статической работы двухпролётных деревянных настилов и обрешёток при загрузении монтажной нагрузкой в обоих пролётах .....	246
<b>Соболева Г.Н., Величко Е.М.</b> Контроль стабильности исходной основы при выполнении геодезического мониторинга зданий и сооружений .....	251
<b>Тамразян А.Г., Баряк Д.С.</b> Температурный анализ коррозионно-поврежденных сжатых железобетонных элементов при огневом воздействии .....	255
<b>Тамразян А.Г., Геращенко В.С.</b> Параметры, влияющие на огнестойкость железобетонных конструкций из высокопрочного бетона.....	260
<b>Тамразян А.Г., Ованесов Ю.Г.</b> Влияние коррозии на усталостную прочность железобетонных балок .....	268
<b>Филиппова И.В., Хропов К.А., Ильичев В.А.</b> Внедрение BIM-технологий при проектировании зданий и сооружений в России .....	273
<b>Хропов К.А., Филиппова И.В., Ильичев В.А.</b> Анализ усовершенствованного узла сопряжения металлических элементов пространственно- стержневой конструкции .....	275
<b>Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура</b>	
<b>Гайлитис Д.И., Гайлитис В.С.</b> Перспективы применения нейросетей в дорожной отрасли .....	277
<b>Гайлитис Д.И., Гайлитис В.С.</b> Развитие «умной» дорожной инфраструктуры .....	282

<b>Ласман И.А., Иванов Е.О., Козлова О.Н.</b> Применение комплексных добавок-модификаторов для производства щебеночно-мастичного асфальтобетона с улучшенными физико-механическими свойствами .....	286
<b>Ласман И.А., Мевлидинов З.А., Шинко Р.М., Самойлова В.С.</b> Использование продуктов холодного фрезерования старого асфальтобетонного покрытия в «тощих» бетонах оснований автомобильных дорог .....	291
<b>Ласман И.А., Соломников Е.А.</b> Модификация асфальтобетона технической серой .....	295
<b>Ласман И.А., Шкабаро Данил Ю., Шкабаро Денис Ю.</b> Применение комплексной добавки в цементобетонах для оснований автомобильных дорог .....	299
<b>Ласман И.А., Шкабаро Денис Ю., Шкабаро Данил Ю.</b> Использование отходов переработки фосфатного сырья в производстве укатываемых малоцементных бетонов для оснований дорожных одежд .....	305
<b>Левкович Т.И., Левкович И.Ф., Биц К.П., Марин Д.Е.</b> Об исследовании некоторых свойств монолитных цементобетонов для оснований и покрытий автомобильных дорог с использованием различных видов добавок и суперпластификаторов .....	310
<b>Левкович Т.И., Сковпень И.В.</b> Об укреплении и стабилизации разных видов грунтов, используемых в основаниях автомобильных дорог .....	313
<b>Мевлидинов З.А., Курушина К.Н., Капустина А.Н., Туров Д.С., Трунилин Д.А.</b> Современные методы восстановления дорожных покрытий .....	318
<b>Мевлидинов З.А., Пожарницкий С.В., Черкесова Т.З., Капустина А.Н.</b> Применение полимерно-дисперсно-армирующей добавки в асфальтобетонном покрытии и ее влияние на его устойчивость к возникновению пластических деформаций .....	321
<b>Мевлидинов З.А., Сунцова А.А., Самойлова В.С., Лахтуров М.А., Након Р.А.</b> Влияние интенсивности и процента большегрузных автомобилей на безопасность дорожного движения.....	324

<b>Мевлидинов З.А., Федоров И.С., Мевлидинов М.З., Гирин С.И., Бычкова О.С.</b> Исследование влияния сезонности на изменение динамических нагрузок дорожных одежд .....	327
<b>Новикова М.А., Мевлидинов З.А., Алешина М.А., Саврико А.М.</b> Использование усилителей адгезии в асфальтобетонных смесях .....	330
<b>Токар Н.И., Мевлидинов М.З., Черненко А.В.</b> Повышение эффективности реконструкции автомобильной дороги второй технической категории с двумя полосами движения Тверь-Бежецк-Весьегонск-Устюжна на участке км 36+700 – км 87+00 в Рамешковском и Бежецком районах тверской области с применением универсальных машин экскаваторов .....	334
<b>Шестаков Н.И., Моргоев Б.А., Аргат Н.С.</b> Углеродный след объектов дорожно-строительного комплекса на разных этапах жизненного цикла.....	337
<b>Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах</b>	
<b>Алешина И.А., Ротачев И.С.</b> BIM-технологии при проектировании и составлении смет в строительстве....	341
<b>Благодер Т.П., Иванов Е.О.</b> Экономическая эффективность использования отходов металлургии в дорожном строительстве .....	345
<b>Благодер Т.П., Панасенко Н.В.</b> Перспективные области применения БПЛА и оценка их эффективности в инвестиционно-строительном комплексе .....	348
<b>Гладнева Д.В., Естехин А.И.</b> Стоимость инновационного проекта «Детская школа искусств на территории города Йошкар-Олы» .....	352
<b>Данилов В.К., Кузовлева И.А., Потапенко О.С.</b> Направления развития программно-целевого управления жилищно-коммунальным хозяйством в регионе .....	357
<b>Кузовлева И.А., Будаев И.С.</b> Финансово-экономическое оздоровление предприятий жилищно-коммунального хозяйства .....	361

<b>Кузовлева И.А., Козенкова Ю.В.</b> Инновации сметного нормирования .....	363
<b>Пенкин Ю.А., Иванова Е.Е., Четвертных А.С., Зяблицева К.А., Данилова Д.О., Микрюкова А.С.</b> Расчёт стоимости общественного здания с применением инновационных строительных материалов и увеличение жизненного цикла здания до 500 лет.....	367
<b>Филиппова Т.Я., Ложечко А.С., Башкатов К.С.</b> Содержание сметного ценообразования в подходах к оценке стоимости недвижимости .....	372
<b>Чуванькина О.М., Кузовлева И.А.</b> Проблемы трудоустройства молодых специалистов в сфере ЖКХ и управления МКД и пути их решения .....	375

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ЗДАНИЙ

Алимова Д.Н.

(ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов  
им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия)

*Глобальная тенденция движения к устойчивому развитию, и, следовательно, строительство «зеленых» зданий имеет приоритетное значение в строительной отрасли. Применение инновационных экологически чистых материалов в строительстве зданий и сооружений позволяет не только снизить уровень загрязнений окружающей среды, но и предупредить экологические прецеденты в строительной отрасли. В статье описываются инновационные экологические строительные материалы, соответствующие основным требованиям мировых стандартов «зеленого» строительства. Обсуждаются некоторые вопросы их использования для достижения позитивного экологического эффекта.*

Экологическая «зеленая» архитектура требует применения исключительных материалов для соблюдения принципов устойчивости. Наблюдаемая во всем мире тенденция к развитию «зеленого» строительства сопровождается активным развитием отраслей, связанных с разработкой и внедрением инноваций в технологии производства экологических материалов для строительства [1, 2].

Практическая реализация инновационных строительных экоматериалов является одной из успешных и управляемых систем планирования и развития архитектурной и строительной деятельности и отличается вариативностью методов популяризации экологического подхода в отрасли. В этом контексте использование новых «зеленых» материалов является важным аспектом достижения таких принципов устойчивого строительства как углеродная нейтральность, энерго- и ресурсосбережение, экологическая безопасность и снижение воздействия на окружающую среду.

Предметом изучения являются категории инновационных строительных материалов, применяемые в строительстве экологических зданий и сооружений.

Целью работы является проведение обзора современных инновационных строительных материалов, имеющих нейтральный или позитивный экологический статус для определения целесообразности замещения традиционных строительных материалов инновационными разработками.

Задачи исследования:

- изучить ведущие системы рейтинговой оценки экологического строительства;
- определить место строительных материалов в структуре экостандартов;
- описать позитивный экологический эффект новых строительных материалов, соответствующих требованиям экостандартов;
- определить целесообразность замещения традиционных материалов

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

инновационными аналогами.

Методология. Используются методы теоретического анализа научных данных, обобщения эмпирического материала и классификации данных.

Основная часть. Для определения места компоненты строительных материалов в процессах возведения экологических зданий и сооружений были подробно изучены ведущие системы рейтинговой оценки объектов строительства. Наиболее структурированными и подробными являются международные системы стандартов экологического строительства – BREEAM (Великобритания), LEED (США) и DGNB (Германия) [3].

В результате анализа системы критериев международных стандартов экологического строительства, можно сделать вывод, что они имеют выраженную инженерно-техническую направленность. Определено, что больший вес в структуре стандартов имеют разделы, содержащие требования к качеству и способам производства и использования строительных материалов. Большое количество баллов при оценке строительного объекта «зарабатывают» материалы, снижающие уровень негативного воздействия на окружающую среду, а также обладающие характеристиками ресурсо- и энергосбережения. В процессе оценки учитываются и другие параметры стройматериалов, такие как долговечность, инновационность, возможность экологической утилизации.

Рассмотрим некоторые новые строительные материалы, которые одобрены экспертными советами международных рейтинговых систем экологического строительства и рекомендованы к замещению традиционных материалов.

Керамические блоки как аналог традиционному кирпичу. Производство керамических блоков осуществляется из высококачественной глины с добавлением воды и древесных опилок. В процессе обжига добавки подвергаются пиролизу, формируя внутреннюю пористую структуру, что обуславливает низкий коэффициент теплопроводности блока и способствует достижению оптимального баланса влажности за счет ускоренного испарения воды. Керамические блоки часто именуют кирпичом XXI века благодаря уникальным теплоизоляционным характеристикам и возможности значительно оптимизировать строительный процесс [4].

Разработка модифицированных бетонов является одной из наиболее актуальных областей исследований в рамках производства строительных материалов. Одной из основных проблем традиционного бетона является его недолговечность после появления различных инвазий, нарушения целостности блока или его поверхностей под воздействием внешних факторов.

В Инновационном центре промышленной инфраструктуры в Сингапуре разработали «гибкий бетон», который известен как ConFlexPave. ConFlexPave обладает большими преимуществами по сравнению с обычным бетоном [5]. Он требует меньшего ухода и обеспечивает большую долговечность. По словам разработчика профессора Чу Цзянь это инновационный тип бетона со сниженными показателями толщины и массы сборных плит [5].

ConFlexPave изготавливается путем добавления в бетонную смесь микроволокон из полимеров. Профессор Ян Ен-Хуа из группы разработчиков объясняет, что была проведена большая работа в области изучения

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

взаимодействия компонентов составных материалов на микроуровне [5]. Это и стало основой для разработки инновационных решений, адаптированных к конкретным требованиям современного строительства. Дополнительные структурные элементы в составе нового бетона распределяют нагрузку по всей площади материала, повышая его прочность минимум вдвое в сравнении с характеристиками традиционного бетона, особенно в нелинейных формах.

Самовосстанавливающийся бетон или «self-healing concrete» представляет собой инновационную технологию, предложенную Хенком Джонкерсом из Делфтского технического университета в 2015 году [6].

Метод производства бетона Джонкерса предполагает использование особых бактерий и микроорганизмов, заключенных в капсулы, которые активируются при контакте с водой. В результате этого процесса бактерии продуцируют известняк, который заполняет появившиеся трещины или пустоты в бетоне.

Ученые из Университета Колорадо предложили другую технологию для производства биобетона, в которой применили реакцию фотосинтеза бактерий. Бетонная смесь состоит из цианобактерий, фотосинтезирующих бактерий, желатина и песка. При возникновении в бетоне пустот в процессе производства или эксплуатации материала, бактерии поглощают желатин и увеличиваются в размерах, замещая образовавшиеся трещины.

Американские ученые из Вустерского политехнического института разработали биобетон, в состав которого входит фермент, вступающий в реакцию с диоксидом углерода. Кристаллы карбоната кальция, которые образуются в результате реакции, имеют схожие технические характеристики с бетоном. По данным проведенных исследований с биобетоном, кристаллы карбоната кальция заполняют миллиметровые трещины в бетоне в течение суток без потери показателей прочности и износостойкости.

Бумажный композитный материал высокой прочности Richlite получают путем прессования бумажных отходов в панели, обладающие повышенной твердостью и гладкостью [7]. Экологическая безопасность бумаги общеизвестна и является основным преимуществом этого материала. Материал Richlite обладает водо-, термо- и огнестойкостью, гигиеничностью, низким влагопоглощением, отличается высокой плотностью и прочностью.

Благодаря этим свойствам Richlite стал доступной альтернативой дорогим сортам древесных пород, которые пользуются популярностью среди архитекторов в качестве отделочного материала для дизайна мебели, интерьерных элементов и декоративных конструкций.

Гидрокерамический композитный фасадный материал Hydroceramic из глины и гидрогеля используется для пассивного охлаждения помещений. В основе технологии производства – способность гидрогеля абсорбировать воду [8]. Опытным путем доказано, что применение Hydroceramic в отделке фасадов жилых зданий позволяет сократить потребление энергии традиционными системами охлаждения до 28 %.

В рамках исследований, проводимых в американском университете Пердью, была разработана ультра-белая краска, обладающая потенциалом

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

пассивного охлаждения помещений. Это покрытие отражает 98,1 % солнечного излучения благодаря включению в его состав сульфата бария, который обладает светоотражающими свойствами. В ходе тестирования было установлено, что с использованием ультра-белой краски покрытия фасадов и интерьеров обладают охлаждающей способностью, которая превышает мощность типовых бытовых кондиционеров [9]. Предполагается, что такие свойства краски могут применяться и в промышленных целях, например, для предотвращения перегрева наружных систем электроснабжения.

Берлинский стартап Made of Air разработал инновационный нетоксичный биопластический материал, полученный из биоугля. Такой уголь получают путем вторичной переработки лесных и сельскохозяйственных отходов.

Новый материал является «углеродной ловушкой», так как содержит в своем составе 90 % углерода и обладает пористой структурой, которая абсорбирует диоксид углерода из атмосферы [10].

На протяжении жизненного цикла биопластический материал из биоугля накапливает больше диоксида углерода, чем выделяет, поэтому имеет углеродно-отрицательный статус. Производство пластика из биоугля намного дешевле традиционных биопластических материалов, но все же дороже, чем строительные материалы из продуктов нефтепереработки. Впервые панели из углеродно-отрицательного биопластического материала были установлены на фасадах дилерского центра Audi в Мюнхене. Производители материала отмечают, что он может применяться в различных сферах строительства от облицовки зданий до производства мебели и предметов интерьера.

Это лишь небольшая часть разработок, которые уже применяются в строительной отрасли для возведения экологических зданий и сооружений. Ежегодно эти технологии модернизируются с учетом достижений научно-технологического процесса.

### Заключение

В результате проведенного анализа, можно сделать вывод, что инновационные разработки в области материаловедения строительной отрасли позволяют достичь показателей, заложенных основными целями устойчивого развития в сфере строительства зданий.

Рассмотренные в статье строительные материалы, наряду с экологической безопасностью, обладают такими характеристиками как энергоэффективность, прочность и износостойкость, влагостойкость, пассивное охлаждение и предотвращение перегрева зданий, сохранения баланса уровня влажности, улавливание углерода и сокращение углеродного следа.

Этот перечень не является исчерпывающим, однако, выявляет основные преимущества инновационных экологических строительных материалов по сравнению с традиционными аналогами.

Интеграция новых экологически чистых материалов в процессы строительства и эксплуатации «зеленых» зданий является фундаментальным шагом на пути к реализации принципов устойчивого развития. Современные

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

тенденции в области производства и использования инновационных экологически чистых материалов способствуют формированию более осознанного экоподхода в архитектурно-строительной отрасли и переосмыслению принципов проектирования и строительства зданий.

### Список литературы

1. Миркин Б.М. Устойчивое развитие / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. Москва: Логос, 2006. 311 с.
2. Липина С.А. Перспективы развития «зеленой» экономики в документах стратегического планирования / С.А. Липина // Региональная экономика. Юг России. 2014. № 4 (6). С. 5-16.
3. Алимова Д.Н. Сравнительный анализ международных экологических стандартов, регулирующих процессы «зеленого» строительства / Д.Н. Алимова, М.В. Перькова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 4. С. 55-66.
4. Курбатов В.Л. Перспективы применения аддитивных технологий в строительстве / В.Л. Курбатов, М.В. Дайронас, М. Зайченко // Университетская наука. 2020. № 1 (9). С. 18-22.
5. Xiaoni Yu. Production of biocement using steel slag. Construction and Building Materials. Product of Light Weight Concrete Block Mixed with Ceramic Waste from Industrial for Green Building Construction / Yu Xiaoni, Chu Jian, Wu Shifan [et al.] // Journal of Technical Education Development. 2023. Vol. 35. Pp. 119-132.
6. Jafari Marbini Ali. Replacement of flexible concrete against some weaknesses of reinforced concrete / Ali Jafari Marbini, Pegah Jafari, Elham Jafari // International Conference on Engineering, Technology and Innovation at the Technical University of Darmstadt. 2019. Pp. 45-51.
7. Han L. Effects of microbial agents on soil properties in greenhouse complex / L. Han // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Pp. 052009.
8. Галков Е.С. Инновационные подходы к строительству: от идеи к технологии / Е.С. Галков, Т.Н. Сопова // Безопасный и комфортный город: матер. VI междунар. науч.-практ. конф. (Орел, 21-23 марта 2023 г.). Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева. 2023. С. 42-49.
9. Werder Von Ju. Thermal and hydrothermal treatment of UHPC: influence of the process parameters on the phase composition of ultra-high performance concrete / Ju. Von Werder, S. Simon, A. Gardei [et al.] // Materials and Structures. 2021. Vol. 54. No. 1. Pp. 1-15.
10. Ivlev A.A. Global redox cycle of biospheric carbon: Interaction of photosynthesis and earth crust processes / A.A. Ivlev // Biosystems. 2015. Vol. 137. Pp. 1-11.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ОПАЛ-КРИСТОБАЛИТ-ТРИДИМИТОМ И СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ С-3

Артамонов П.А., Артамонова Е.Г., Лукутцова Н.П., Протасов А.В., Зайцев А.Е.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Приводятся результаты исследования структуры и механических свойств мелкозернистого бетона (МЗБ) с опал-кристобалит-тридимитовым (ОКТ) микронаполнителем и суперпластификатором С-3. Установлено, что введение ОКТ способствует повышению прочности при сжатии на 15-28 %, при изгибе на 20-30 %. Введение ОКТ приводит к образованию дополнительного количества гидросиликатов кальция, снижающих пористость и повышающих плотность мелкозернистого бетона.*

В связи с активным развитием жилищного строительства растет потребность в использовании современных строительных материалов. Последнее время мелкозернистый бетон получил широкое распространение за счет большей плотности и однородности структуры по сравнению с бетоном на крупном заполнителе [1-2]. Его свойства нашли применение в армированных конструкциях, тонких перекрытиях, фундаментах, напольных покрытиях, дорожных плитах и бордюрах, а также для возведения монолитных зданий [4-6]. Однако повышение требований к качеству МЗБ создают необходимость в дальнейшем улучшении его технических и эксплуатационных характеристик.

Особую популярность набирают бетоны с использованием активных минеральных добавок. В ряде исследований отмечается [7-9], что активные минеральные наполнители в сочетании с цементным вяжущим играют важную роль в формировании микроструктуры матричной основы и контактной зоне бетона. Образование структуры наполненного композита основано на процессах взаимодействия между жидкой и твердой фазами, что приводит к локализации микротрещин и пор, их уменьшению в количестве и размерах, а также снижению концентрации напряжений.

При равной или более высокой поверхностной активности частиц наполнителя по сравнению с вяжущим достигается увеличение степени гидратации цемента и укрепление межчастичных контактов. В случае, когда поверхностная активность наполнителя ниже поверхностной активности вяжущего, происходит структурное упорядочение и увеличение прочности композита за счет сокращения межчастичных деформаций на поверхности раздела фаз.

Одной из наиболее эффективных добавок является микрокремнезем (МК), но в виду высокой стоимости его использование с экономической точки зрения не выгодно. Среди добавок, способных заменить МК, можно выделить золу-

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

унос, метакаолин, доменный шлак и некоторые другие природные и искусственные силикатные и алюмосиликатные материалы. Однако доменный шлак, опока, а также кремнеземистые осадочные породы являются менее эффективными, чем микрокремнезем.

Низкая эффективность минеральных добавок на основе осадочных пород связана с их умеренной пуццолановой активностью и способностью значительно увеличивать водопотребность бетонной и растворной смеси, снижать прочность и долговечность бетонов и строительных растворов [12-14].

Данную проблему можно решить путем использования добавок суперпластификаторов. Эти добавки обеспечивают подвижность бетонной и растворной смесей без увеличения водопотребности, что позволяет достичь более высокой прочности и долговечности материалов.

В связи с этим целью исследования является изучение структуры и механических свойств мелкозернистого бетона с опал-кristобалит-тридимитом и суперпластификатором С-3.

Для проведения исследования были изготовлены образцы-балочки размером 40×40×160 мм из следующих сырьевых материалов: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ОАО «Белорусский цементный завод»), кварцевый намывной песок с  $M_k = 1,6$  (ООО «Карьер32»); водопроводная вода (МУП «Брянский городской водоканал»); опал-кristобалит-тридимит (месторождение «Гришина Слобода» АО «АИП-Фосфаты») и суперпластификатор С-3.

Приготовление сырьевой смеси осуществлялось следующим образом: портландцемент смешивался с ОКТ, добавлялся кварцевый песок. Далее вводилась вода затворения с суперпластификатором С-3.

Полученную бетонную смесь укладывали в форму и уплотняли на виброплощадке в течение 1 минуты. Твердение бетона проводилось в пропарочной камере согласно режиму (3 + 5 + 4) ч при температуре 85-90 °С.

В ходе исследования были проведены испытания образцов мелкозернистого бетона с опал-кristобалит-тридимитом и С-3 (содержание ОКТ 20 %, С-3 1 % от массы вяжущего, В/Ц = 0,4), которые показали прочность при сжатии 20,2-23,5 МПа, при изгибе 5,1-7,6 МПа, среднюю плотность 2200-2280 кг/м<sup>3</sup>; а также образцов МЗБ с суперпластификатором без ОКТ – прочность при сжатии 17,6-18,4 МПа, при изгибе 4,2-5,8 МПа, средняя плотность 2200-2250 кг/м<sup>3</sup>. Из полученных результатов следует, что введение ОКТ способствует повышению прочности при сжатии на 15-28 %, а при изгибе на 20-30 %.

Для изучения структуры МЗБ с опал-кristобалит-тридимитом и суперпластификатором С-3 применялся метод сканирующей электронной микроскопии (рис. 1).

Установлено, что мелкозернистый бетон с С-3 (рис. 1, а) имеет более пористую структуру по сравнению с бетоном с МЗБ, ОКТ и С-3 (рис. 1, б), что подтверждается результатами порометрии и рентгенофазового анализа.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

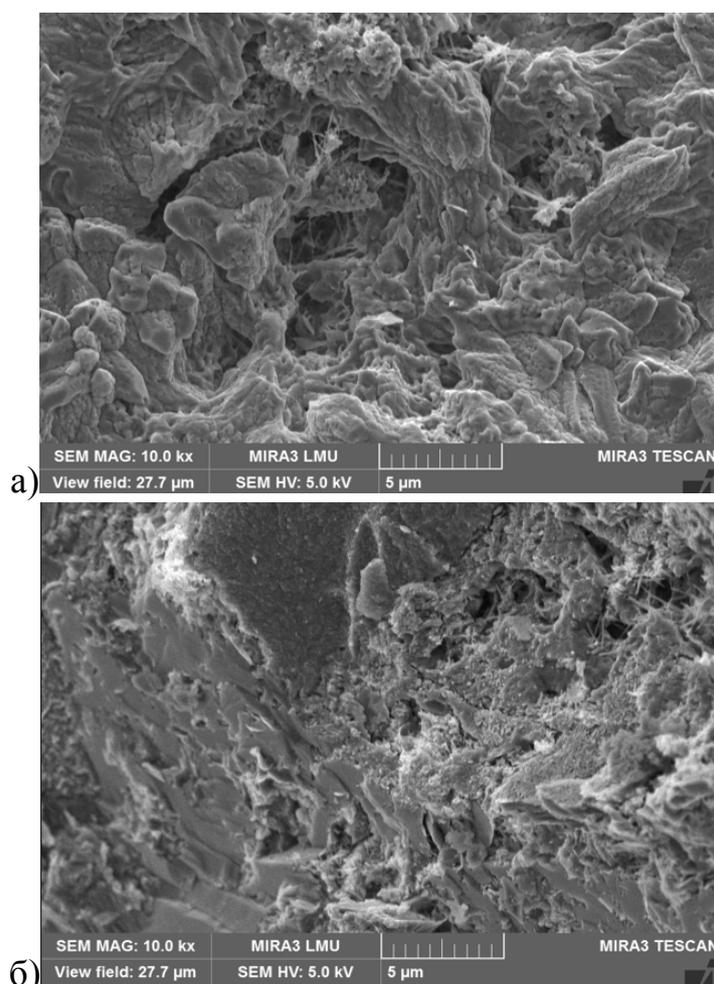


Рис. 1. Структура мелкозернистого бетона ( $\times 10000$ ):  
а – МЗБ с С-3; б – МЗБ с ОКТ и С-3

### Заключение

В ходе исследования изучена структура и свойства мелкозернистого бетона с опал-кристобалит-тридимитовым микронаполнителем и суперпластификатором С-3. Выявлено, что введение ОКТ способствует повышению механических свойств и улучшению микроструктуры бетона, делая его более плотным и прочным за счет образования дополнительного количества гидросиликатов кальция. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование данного микронаполнителя для улучшения качества и долговечности бетона.

### Список литературы

1. Лукутцова Н.П. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микронаполнителем / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 94-100.
2. Пыкин А.А. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита / А.А. Пыкин, Н.П.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Лукутцова, Г.В. Костюченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 22-27.

3. Гегерь В.Я. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой / В.Я. Гегерь, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 15-18.

4. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3 (74). С. 26-27.

5. Баженов Ю.М. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона / Ю.М. Баженов, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. 2010. № 4-2. С. 415-420.

6. Лукутцова Н.П. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.Н. Головин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.

7. Лукутцова Н.П. Высокопрочный мелкозернистый бетон с нанодисперсной добавкой на основе волластонита / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков, Е.В. Дегтерев [и др.] // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: сб. науч. трудов III всерос. (II междунар.) конф. по бетону и железобетону: в 7 томах (Москва, 12-16 мая 2014 г.). Москва: МГСУ. 2014. С. 180-185.

8. Лукутцова Н.П. Наномодифицированный мелкозернистый бетон / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.

9. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов / П.И. Юхневский // Минск: БНТУ. 2013. 310 с.

10. Ходырев В.М. Перспективы использования трепелов в производстве строительных материалов / В.М. Ходырев // Сухие строительные смеси. 2013. № 2. С. 24-25.

11. Лукутцова Н.П. Использование опал-кристобалит-тридимитового микронаполнителя в тяжелом бетоне / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, Е.В. Чивикова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 2. С. 8-17.

12. Пятко Ю.Н. Влияние ультразвуковой обработки на свойства трепела / Ю.Н. Пятко, Р.Т. Ахметова, А.И. Хацринов [и др.] // Фундаментальные исследования. 2015. № 12. С. 320-324.

13. Коровкин М.О. Эффективность использования диатомита в качестве компонента минерально-химической добавки / М.О. Коровкин // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 253-255.

14. Лукутцова Н.П. Исследование структуры опал-кристобалит-тридимита месторождения «Гришина Слобода» для производства эффективных мелкозернистых бетонов / Н.П. Лукутцова, П.А. Артамонов, Е.Г. Артамонова // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 11-15.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

Артамонова Е.Г., Лукутцова Н.П.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассмотрено строение древесного заполнителя из мягких лиственных пород древесины и основные элементы его структуры. Установлена взаимосвязь между структурными особенностями древесного заполнителя и процессами гидратации цементного вяжущего при производстве арболита.*

В современном обществе все большее внимание уделяется экологии и устойчивому развитию экономики. Строительство также не является исключением, и в настоящее время существует высокий спрос на экологически безопасные строительные материалы, которые не только максимально учитывают требования по экологичности, но и стоимости и обеспечению комфорта [1-4].

В наибольшей степени этим требованиям отвечают строительные материалы и изделия из древесины. На фоне интенсивного использования древесины хвойных и твердых лиственных пород Россия, как крупнейшая лесная держава, столкнулась с дефицитом на эти виды сырья. Большая часть имеющихся запасов состоит из древесины мягких лиственных пород (ДМП) с низкими эксплуатационными свойствами [5]. Вместе с этим, ДМП практически не используется в процессе переработки. Однако свойства недорогой древесины могут быть значительно улучшены путем ее химико-механической модификации [6-7].

Как известно [8-9], применение ДМП в производстве арболита происходит выделение экстрактивных веществ, которые оказывают негативное влияние на процессы гидратации и твердения арболита [10]. Изучения строения и структуры древесного заполнителя позволит определить какие именно компоненты вызывают выделение экстрактивных веществ и каким образом они взаимодействуют с цементом в процессах гидратации и твердения, что позволит разработать наиболее эффективные методы и технологии для минимизации негативного влияния этих веществ.

В связи с этим, целью работы является исследование строения и структуры заполнителя из мягких лиственных пород древесины с возможностью его дальнейшего использования при производстве арболита.

Известно [11], что древесина лиственных пород имеет сложное строение, основными анатомическими элементами которого являются прозенхимные и паранхимные клетки.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Прозенхимные, или, другими словами, «мертвые» клетки в виде волокон с утолщенными стенками и внутренними полостями (диаметр от 0,01 до 0,05 мм, длина от 0,5 до 4,5 мм), выполняющими механическую функцию. К ним относятся волокна либриформа (занимают 60-70 % всего объема) и водопроводящие ткани – сосуды (20-30 % от всего объема).

В свою очередь паранхимные клетки – «живые» клетки, одинакового размера по всем направлениям 0,01-0,1 мм, которые образуют сердцевинные лучи, выполняют запасную функцию. На рис. 1 представлено строение древесины березы. Из рисунка можно наблюдать среди волокон либриформ крупные отверстия – сосуды, которые расположены либо одиночно, либо группами по 6-8 сосудов, что позволяет отнести березу к рассеянно-сосудистым породам. Серцевинные лучи представлены в виде узких полосок паренхимных клеток.

Для исследования в работе в качестве древесного заполнителя были выбраны березовые опилки с предприятия ООО «Мебельная фабрика Катюша», г. Дятьково, Брянской области.

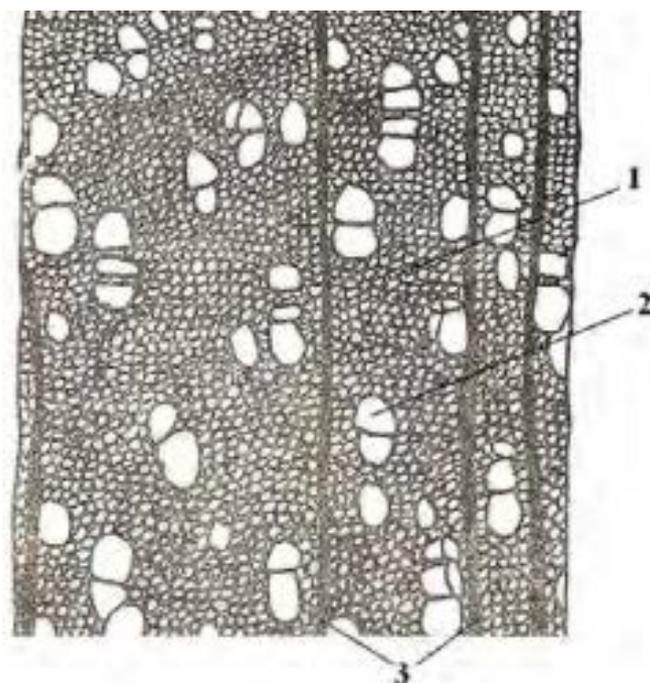


Рис. 1. Микроскопическое строение древесины березы [11]:  
1 – волокна либриформа; 2 – сосуд; 3 – сердцевинные лучи

Для более четкого представления о структуре древесного заполнителя были проведены исследования с использованием сканирующей электронной микроскопии (рис. 2).

Из рисунка, на котором представлены частицы березой дробленки, можно наблюдать волокна либриформы в виде узких толстостенных клеток с заостренными концами, большое количество сосудов. Также видны мелкие сомкнутые окаймленные поры, которые являются отличительным признаком

структуры березы.

Благодаря сложному, мелко-сосудистому строению в полостях клеток и межклеточных каналах ДМП содержатся низкомолекулярные соединения, которые при взаимодействии с цементом разлагаются на простейшие сахара, что в свою очередь приводит к нарушению процесса гидратации цементного вяжущего. Избежать данного эффекта позволит применение различных способов обработки древесного заполнителя за счет локализации, частичного удаления или перевода простейших сахаров в нерастворимые, безвредные для цемента соединения.

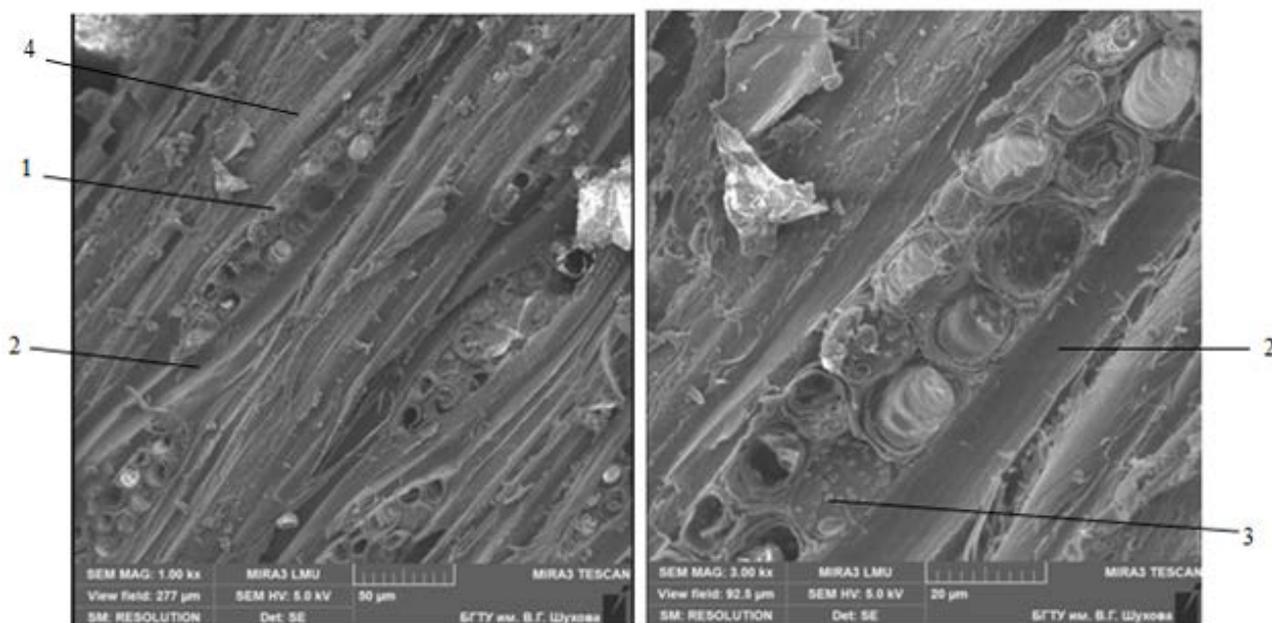


Рис. 2. Структура древесного заполнителя (береза):  
1 – сердцевинные лучи; 2 – сосуд; 3 – окаймленные поры;  
4 – волокна либриформа. СЭМ.

### Заключение

Изучено строение древесного заполнителя из мягких лиственных пород древесины (береза) и основные элементы его структуры, которые представлены прозенхимными и паранхимными клетками. Березовые опилки имеют сложное, сосудистое строение, за счет которого в полостях клеток и межклеточных каналах заполнителя содержатся низкомолекулярные соединения, которые при взаимодействии с цементным вяжущим разлагаются на простейшие сахара, что в свою очередь приводит к нарушению процесса гидратации.

### Список литературы

1. Лукаш А.А. Клееный арболит из древесины мягких лиственных пород /

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

А.А. Лукаш // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 63-65.

2. Лукутцова Н.П. Некоторые аспекты получения наномодифицированных композиционных строительных материалов и перспективы их развития / Н.П. Лукутцова, С.Н. Головин // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика (Белгород, 15-16 марта 2016 г.). Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. С. 195-201.

3. Лукутцова Н.П. Древесно-цементные композиции с минеральными микрозаполнителями / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, Е.Г. Карпиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.

4. Лукаш А.А. Техничко-эксплуатационные свойства новых материалов из древесины мягких лиственных пород / А.А. Лукаш, Н.П. Лукутцова // Деревообрабатывающая промышленность. 2018. № 3. С. 17-22.

5. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3 (74). С. 26.

6. Запруднов В.И. Создание качественных древесно-цементных материалов / В.И. Запруднов // Лесной вестник. 2017. Т. 21. № 6. С. 54-60.

7. Лукутцова Н.П. Техногенное сырье в производстве стеновых блоков из арболита / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Артамонова, П.А. Артамонов // Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная: матер. X междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 29 апреля 2021 г.). Брянск: БГИТУ. 2021. С. 127-130.

8. Горностаева Е.Ю. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями / Е.Ю. Горностаева, Н.П. Лукутцова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 44-46.

9. Lukutsova N.P. Preparation of Wood Filler for Arbolite / N.P. Lukutsova, A.A. Rykin, E.G. Artamonova [et al.] // Materials Science Forum. 2023. Vol. 1081. Pp. 191-195.

10. Лукутцова Н.П. Способ подготовки древесного заполнителя для арболита / Н.П. Лукутцова, Е.В. Чивикова, Е.Г. Артамонова // Инновации в строительстве-2020: сб. трудов междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ» (Брянск, 25 декабря 2020 г.). Брянск: БГИТУ. 2020. С. 133-138.

11. Алиев Р.Г. Химия древесины и синтетических полимеров. Часть 2. Строение и химия древесины и ее компонентов / Р.Г. Алиев, Е.А. Павлова, Э.П. Терентьева [и др.]. СПб: СПбГТУРП, 2011. 37 с.

## ЗАДАЧА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ – РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Бондарев В.А., Стородубцева Т.Н., Морковин В.А.  
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия)

*Экологические проблемы являются самым главным вызовом человечества на сегодняшний день. Они ставят под угрозу существование всего человечества. Экологических проблем бесконечно много, но одной из самых глобальных является тот факт, что через несколько лет человек не сможет дышать без респираторов из-за нехватки кислорода, который в процессе фотосинтеза вырабатывают деревья. На территории России на сегодняшний день около 806 млн. га леса, которые можно назвать легкими не только нашей обширной страны, но и всего мира. Каждый год вырубке леса подвергается около 210 млн. м<sup>3</sup>, из которых 30-40 % составляют отходы (сучья, щепы, опилки, стружка).*

«Сегодня лесная отрасль претерпевает серьезные изменения – руководством страны поставлены серьезные задачи привести российское лесное хозяйство и лесную промышленность в соответствие с современными требованиями, установить баланс между экономикой и экологией леса, обеспечить актуальность информации о лесах, сохранить и приумножить лесные ресурсы», – так четко расставлены акценты над необходимыми преобразованиями в лесном хозяйстве и лесной промышленностью заместителем Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации, руководителем Федерального агентства лесного хозяйства, Аноприенко С.М.

На лесосеке приходится сталкиваться с проблемой использования сырья, которые привыкли называть отходами. К ним относятся сучья, древесная зелень, пни, щепы, опилки, стружка, различные обрезки связанные с пороками древесины, а также остатки при заготовке круглых пиломатериалов и кора.

Отходы древесины – это часть древесного биоматериала, которая в последствии не задействована в производстве. Она составляет от 29 до 38 % от общей массы полученной древесины при рубке. Процент отходов колеблется от качества древесины, от места ее произрастания, от факторов, влияющих на рост дерева до времени его созревания. Огромное влияние имеет технология заготовки и переработки древесины, ее порода, характеристики и свойства [1, 2].

Древесина на нижних складах получает первичную переработку, где в последующем может быть отправлена на дальнейшую эксплуатацию, как на деревоперерабатывающую фабрику, так и на продажу (рис. 1).

При первичной обработке древесины количество опилок составляет от 7 до 13 % от общей массы. Стружка достигает до 25 % от общей массы.

Утилизация древесины происходит несколькими способами: 35 % стружки и опилок попадает на целлюлозно-бумажное производство, в то время как пни, древесная зелень, кора уничтожается путем сжигания, что также негативно

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

сказывается на окружающей среде [3, 4].



Рис. 1. Объемы заготавливаемого леса лесопромышленными комплексами

Вырубая лес, обойтись без потери сырья практически невозможно. Единственным верным решением остается использование всех отходов и биоматериалов, которые мы получаем при рубке и переработке древесины [4, 5]. Это и будет основным принципом ресурсосбережения леса, и защитой окружающей среды от загрязнения (рис. 2).



Рис. 2. Древесные отходы

При правильной эксплуатации отходов из биоматериалов можно прийти к выгодному композиционному материалу, который будет ничем не уступать на рынке продаж. Использование щепы, как биоматериала значительно распространилось на сегодняшний день. Проводимые эксперименты смогли привести к эксплуатации щепы и стружки, как наполнителя для теплоизоляции, но только для малоэтажных зданий [6, 7].

Создание композиционного материала с использованием ангидридной уксусной кислоты, позволит уменьшить количество использования качественной древесины для отделки фасадов и внутренней части здания. За счет свойств, которые придает ангидридная уксусная кислота, новый композиционный материал сможет уменьшить спрос на обычную древесину.

Преимуществами данного композиционного материала является его стойкость, прочность, а также стойкость к УФ-излучению. Единственным минусом является концентрированный запах уксусной кислоты, который при правильной обработке исчезнет в течение нескольких дней.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Данный композиционный материал также можно использовать и для создания рамы окон. Спрос на деревянные композиции в создании интерьера растет и оконная рама, также будет отлично гармонировать. При обработке биомассы, она приобретет более насыщенный цвет и будет стойкой к гниению и набуханию. При ацетилировании древесины происходит взаимодействие гидроксильных групп целлюлозы с ангидридом уксусной кислоты, в результате чего происходит этерификация гидроксильных групп и мы получаем новый продукт – гидрофобную древесину. На выходе получаем древесину с повышенной плотностью, и стойкостью к УФ-излучению (рис. 3).

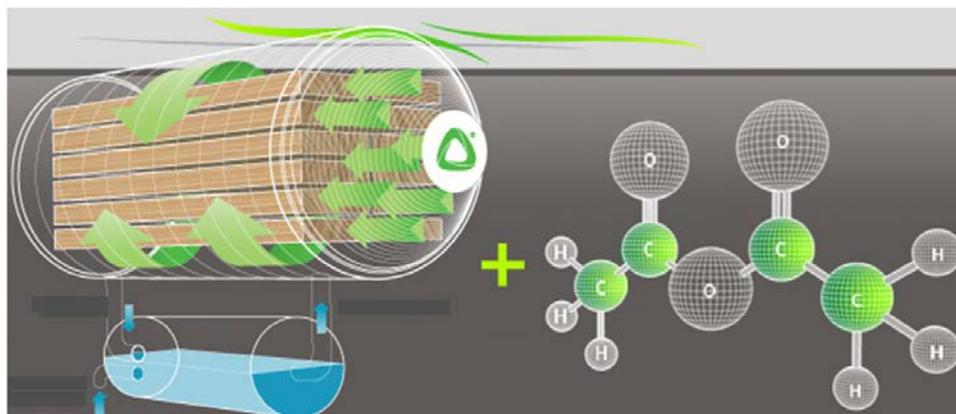


Рис. 3. Процесс ацетилирования древесины

Ацетилированная древесина чаще всего меняет и свой оттенок, но также имеет и ощутимый запах уксусной кислоты. Использование данной древесины цениться в создании облицовок здания, входных дверей, окон и террас.

За счет своей стойкости к УФ-излучению, она не выгорает, и деформация во время эксплуатации стремиться к нулю [8, 9]. За счет уникального химического соединения ангидридной уксусной кислоты с целлюлозой, древесина не нуждается в операции пропитки, а грунтование защищает от синевы. В первую очередь, полученная биомасса будет избавлена от лишней влаги и доведена до 7 % влагосодержания, так как при проведении экспериментов было выявлено, что образцы с данным влагосодержанием будут более удачным и получение бракованного образца стремиться к 2 % (табл. 1).

Таблица 1 – Исследование зависимости бракованных образцов от влажности и толщины

Влажность \ толщина изделия	14 %	11 %	7 %	4 %	2 %
16 мм	96,5 %	47 %	2,5 %	7,8 %	99 %
11 мм	93 %	50 %	2,2 %	7,5 %	95 %
6 мм	100 %	47 %	3 %	9 %	97 %

Далее производится измельчение (при необходимости) и прессование биомассы, в которую при нагревании будет введена ангидридная уксусная кислота и некоторые модификаторы.

Заключение

Создание нового композиционного материала значительно сможет уменьшить рубки лесов, на начальном этапе до 18 %. Нужда в сжигании отходов будет уменьшаться, что также положительно будет отражаться на окружающей среде [10].

Список литературы

1. Угрюмов С.А. Совершенствование технологии производства композиционных материалов с использованием древесных отходов / С.А. Угрюмов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т.2. № 2-2 (7-2). С. 160-164.
2. Сафин Р.Г. Композиционные материалы на основе древесных частиц и полимеров / Р.Г. Сафин, З.Г. Саттарова, И.М. Галиев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 19. С. 184-185.
3. Стородубцева Т.Н. Использование древесных отходов и местного техногенного сырья в составах композитов: монография / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный. Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. 196 с.
4. Шамаев В.А. Состояние инновационных разработок в области модификации древесины / В.А. Шамаев, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 1. С. 41-48.
5. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 369 с.
6. Аксомитный А.А. Анализ зарубежного опыта в разработке композиционных материалов на основе древесины / А.А. Аксомитный, Л.В. Дворникова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т.2. № 3-1 (8-1). С. 8-13.
7. Галиев И.М. Создание многослойного напольного настила на основе термопластичных материалов и древесных отходов / И.М. Галиев, Т.О. Степанова, И.М. Галиев // Materials of the XI International scientific and practical conference. 2015. С. 32-35.
8. Котлярова И.А. ИК-Спектроскопия древесины сосны, березы и дуба, модифицированной моноэтаноламин (N→V) тригидроксиборатом / И.А. Котлярова // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 43-49.
9. Горбунов Г.И. Основы строительного материаловедения (состав, химические связи, структура и свойства строительных материалов) / Г.И. Горбунов. Москва: АСВ, 2002. 168 с.
10. Бондарев В.А. Перспективы создания устойчивого и долговечного покрытия из древесного полимер-песчаного материала / В.А. Бондарев, Т.Н. Стородубцева, Э.А. Черников [и др.] // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе: сб. науч. ст. всерос. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (Курск, 26 мая 2023 г.). Курск: КГАУ им. И.И. Иванова. 2023. Т. 1. С. 149-154.

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Васюнина С.В., Ромашина Ю.А., Солдатченков А.А.,  
Ефанова Л.Н., Нетбай Т.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты исследования по влиянию комплексной добавки на основе кремнезоля и СТАВ на прочность образцов строительной керамики методом математического планирования эксперимента.*

Одним из приоритетных направлений развития промышленности по технологии строительной керамики является повышение качества выпускаемых изделий. При большом разнообразии современных строительных материалов керамическая продукция сохраняет свои позиции благодаря сочетанию ценных свойств. Исследуемое сырье для строительной керамики редко отвечает требованиям, предъявляемым к нему, поэтому для улучшения свойств формовочной массы и готовых изделий, ускорения сушки, снижения температуры спекания, повышения прочности и морозостойкости применяют разнообразные добавки, приготовленные из природных или искусственных материалов. В настоящее время необходимым условием создания высокопрочной строительной керамики конструкционного и декоративного назначения является возможность целенаправленного формирования плотной и бездефектной структуры керамического камня на микро- и наноуровнях. Это условие может быть реализовано путем использования минеральных модифицирующих добавок, ускоряющих физико-химические процессы, происходящие при высоких температурах на границе контакта с составляющими шихты, и выполняющих роль центров дополнительной кристаллизации упрочняющих новообразований в поровом пространстве спекаемого керамического материала [1-5].

Целью работы является исследование влияния комплексной добавки на основе кремнезоля и СТАВ на прочность образцов строительной керамики методом математического планирования эксперимента.

При выполнении исследования использовались следующие материалы:

1. Глинистое сырье для получения керамической шихты: легкоплавкая глина Гукалинского месторождения (Брянская область). Химический состав (% по массе):  $\text{SiO}_2$  – 55-80;  $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$  – 7-21;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3-12;  $\text{CaO}$  – 0,5-15;  $\text{MgO}$  – 0,5-3;  $\text{SO}_3$  – до 3 %;  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  – 1,5; потери при прокаливании – 3-15.

2. Кремнезоль (коллоидный кремнезем, золь кремниевой кислоты) – это коллоидный раствор, состоящий из дисперсионной среды, которой является специально подготовленная вода, и дисперсной фазы, представляющей собой наноразмерные мицеллы аморфного кремнезема. Мицеллы кремнезоля, насыщенные молекулами воды, обладают полимерной природой, высокоразвитой поверхностью и большим количеством функциональных

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

(силанольных) групп, что обеспечивает высокую реакционную способность и возможность модифицирования поверхности частиц путем адсорбирования различных ионов. Мицеллы кремнезоля представляют собой сферические частицы, насыщенные водой и ионами щелочных металлов (Li, Na, K, NH<sub>4</sub>). Данный коллоидный раствор характеризуется опалесценцией и белесым цветом [6-8].

3. Цетилтриметиламмония бромид, СТАВ – органическое химическое соединение, используемое в косметических средствах. Синтетическое катионитное поверхностно-активное вещество, обладает антисептическим и антистатическим действием, относится к четвероичным аммониевым соединениям. Свойства аналогичны с хлоридом цетилтриметиламмония. Входит в состав косметических средств в качестве кондиционирующего агента, консерванта и антистатика.

4. Жидкость для затворения керамической шихты: питьевая вода.

Исследование влияния комплексной добавки кремнезоля и СТАВ на прочность керамического камня (КК) проводилось на образцах-кубиках с размером ребра 2 см. Добавка приготовлена физико-химическим способом путем перемешивания гидроксида натрия с высушенным кремнеземом и последующим растворением полученного продукта в водном растворе. В полученный раствор добавляли сухой порошок СТАВ.

Комплексная добавка вводилась в формовочные смеси вместе с расчетным объемом воды затворения. Сушка образцов строительной керамики проводилась до остаточной влажности не более 3 % в лабораторной сушильной камере, а обжиг – в муфельной печи с автоматическим регулированием температуры. По истечению срока образцы испытали на сжатие.

Кремнезоль применяется в качестве высокоактивной минеральной добавки к бетону и цементу. Он предназначен для приготовления бетонов высоких марок по прочности, водонепроницаемости, высокой коррозионной стойкости и морозостойкости. Введение кремнезоля в бетон обеспечивает прочность на сжатие значительно превышающую прочность обычных бетонов, уменьшает капиллярную пористость и проницаемость. В результате бетон приобретает повышенную морозостойкость и кислотостойкость. Кремнезоль является пожаробезопасным и нетоксичным материалом. Микроструктура кремнезоля представлена на рис. 1.

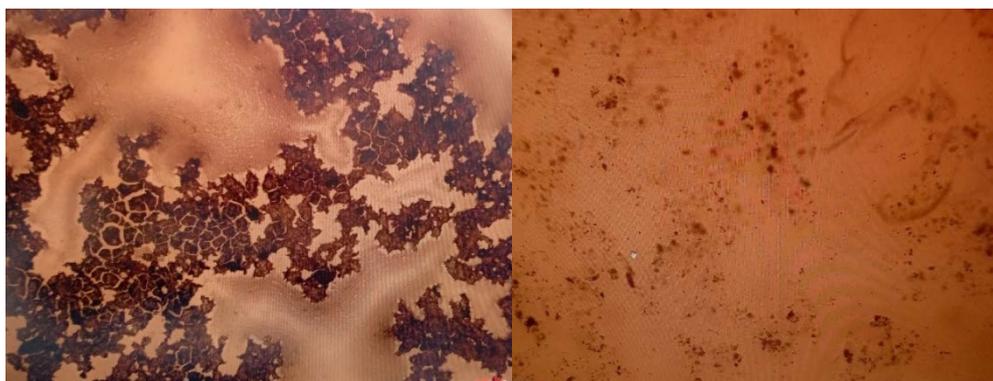


Рис. 1. Микроструктура кремнезоля

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Влияние комплексной добавки кремнезоля и СТАВ на свойства строительной керамики не полностью и недостаточно изучены.

Анализ влияния комплексных добавок на прочность КК проводился методом математического трехфакторного планирования эксперимента с помощью компьютерных программ PlanExp B-D13, Excel и Sigma Plot с получением уравнений регрессии, связывающих параметр оптимизации ( $\bar{y}_1$  – прочность на сжатие КК на основе глины Гукалинского месторождения) с переменными факторами ( $x_1$  – количество добавки, КД;  $x_2$  – количество воды, КВ;  $x_3$  – время обжига,  $T_{\text{обжига}}$ ). Выбранные факторы и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Факторы, уровни и интервалы варьирования по оптимизации прочности на сжатие керамического камня

Фактор	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования фактора	Наименование фактора
$x_1$	0,5	0,75	1	0,25	Комплексная добавка, %
$x_2$	35	40	45	5	Количество воды, мл
$x_3$	800	900	1000	100	Температура обжига, °С

Зависимость прочности на сжатие КК от влияющих факторов оценивалась в соответствии с матрицей планирования эксперимента, представленной в табл. 2.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта (u)	Матрица планирования			Натуральные значения переменных факторов			Выходной параметр (прочность на сжатие, МПа)	
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	КД, %	КВ, мл	$T_{\text{обжига}}$ , °С	$y(u, 1)$	$y(u, 2)$
1	-1	-1	-1	0,5	35	800	11,88	13,95
2	+1	-1	-1	1	35	800	12,33	14,25
3	-1	+1	-1	0,5	45	800	8,86	10,2
4	-1	-1	+1	0,5	35	1000	20,46	19,05
5	-1	0,19	0,19	0,5	40,95	919	9,56	12,8
6	0,19	-1	0,19	0,7975	35	919	12,08	14,12
7	0,19	0,19	-1	0,7975	40,95	800	12,90	11,23
8	-0,29	+1	+1	0,6775	45	1000	14,41	16,25
9	+1	-0,29	+1	1	38,55	1000	15,3	17,02
10	+1	+1	-0,29	1	45	871	7,57	9,12

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Поверхности отклика, отражающие качественную зависимость прочности на сжатие КК от влияющих факторов, представлены на рис. 1.

Результаты математического планирования эксперимента показали, что максимальная прочность на сжатие керамического камня достигается при введении 0,5 % комплексной добавки кремнезоля и СТАВ, содержании воды в количестве 35 % и оптимальном температуре обжига керамической массы 1000 °С. Максимальная прочность на сжатие составляет 20,46 МПа.

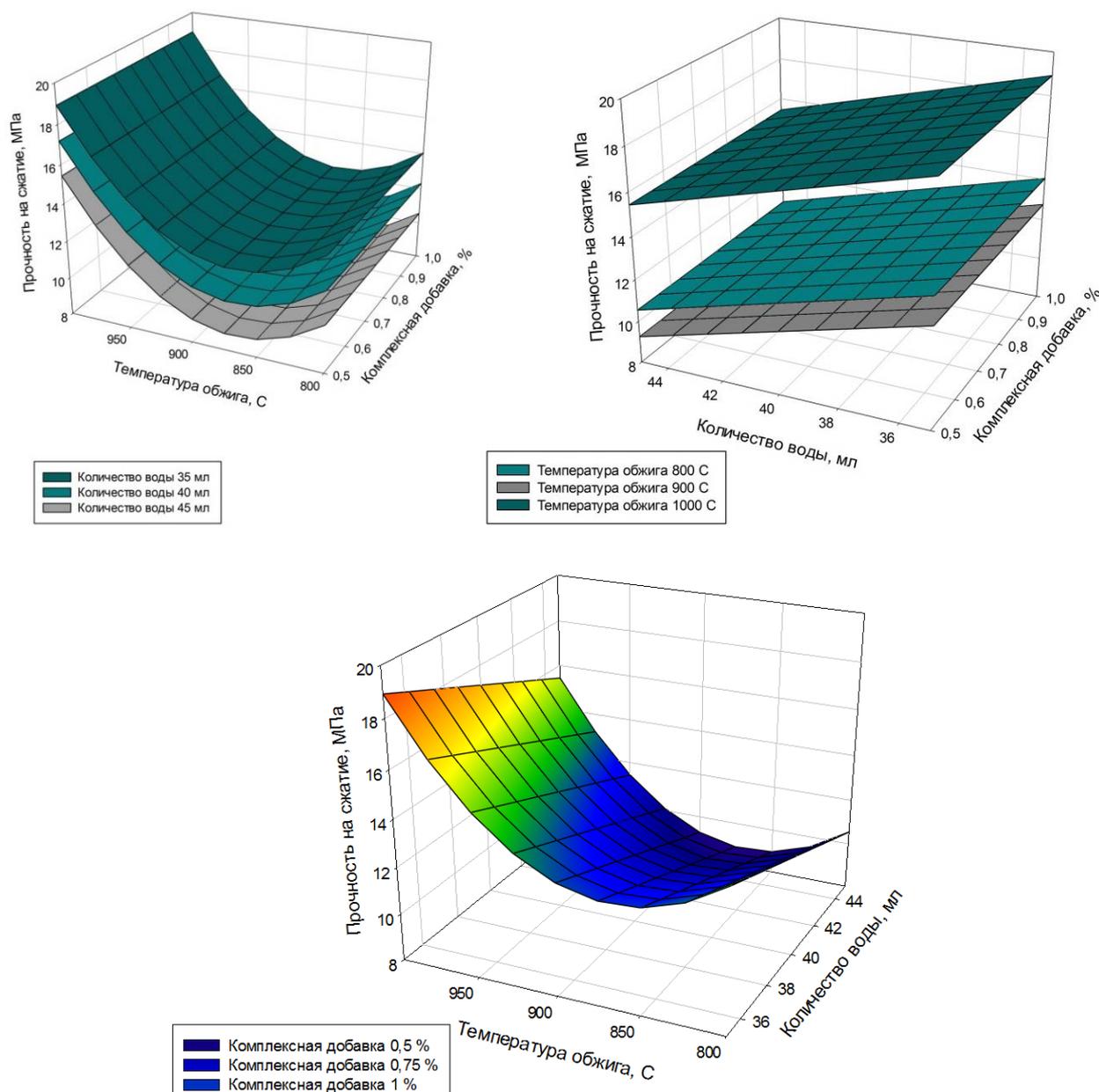


Рис. 1. Поверхности отклика зависимости прочности на сжатие керамического камня от количества комплексной добавки

### Заключение

Экспериментально установлена возможность повышения прочности на сжатие керамического камня с использованием комплексной добавки.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Методом математического планирования эксперимента установлено, что максимальная прочность на сжатие керамического камня достигается при введении 0,5 % комплексной добавки кремнезоля и СТАВ, содержании воды в количестве 35 % и оптимальном температуре обжига керамической массы 1000 °С. Максимальная прочность на сжатие составляет 20,46 МПа.

Введение комплексной добавки кремнезоля и СТАВ в состав керамических масс для производства строительной керамики благоприятно влияют на прочностные характеристики получаемых материалов.

### Список литературы

1. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3 (74). С. 26.

2. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов / Н.П. Лукутцова, В.М. Кожухар // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70-75.

3. Vasyunina S.V. Effect of colloidal silicon dioxide on the properties of building ceramics / S.V. Vasyunina, N.P. Lukuttsova, V.O. Momot // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 173-177.

4. Пыкин А.А. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде / А.А. Пыкин, Н.П. Лукутцова, С.В. Васюнина [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.

5. Пыкин А.А. Влияние органо-минеральных наномодификаторов на основе шунгита на структуру и прочность керамического камня / А.А. Пыкин, Н.П. Лукутцова, А.А. Калугин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 50-55.

6. Васюнина С.В. Исследование влияния комплексных добавок на прочность строительной керамики / С.В. Васюнина, А.А. Обыденная, А.Г. Чекурова // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф (Брянск, 07-9 апреля 2022 г.). Брянск. 2022. С. 8-12.

7. Vasyunina S. Building ceramics with organic-mineral modifiers / S. Vasyunina, V. Momot, S. Kondratyev // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 42-45.

8. Васюнина С.В. Исследование влияния добавки силикатного гидрофильного золя методом математического планирования эксперимента на свойства строительной керамики / С.В. Васюнина, А.Г. Чекурова, А.Д. Чеканкова // Инновации в строительстве-2020: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ» (Брянск, 25 декабря 2020 г.). Брянск. 2020. С. 71-75.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИЛИКАТНЫХ НАНОМОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПЕНОБЕТОНА

Васюнина С.В., Чекурова А.Г., Нетбай Т.В., Терешина Ю.В., Прудникова В.И.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты исследований силикатных наномодификаторов и синтетического пенообразователя на свойства цементного камня пенобетона.*

Производство пенобетона в последние годы стало активно развиваться. Это связано с тем, что процесс изготовления пенобетонной смеси не требует больших вложений в оборудование, технология производства отличается своей простотой.

Основными компонентами, которые входят в состав пенобетона, являются песок, портландцемент и пенообразователи. Сырьевые материалы обладают высокими показателями экологичности, прочности, долговечности, а также доступностью и низкой ценой. Хорошая подвижность смеси позволяет заполнять ей любые форм-оснастки и блок-формы. Также есть возможность производить заливку в узкую вертикальную опалубку за счет того, что материал не требует уплотнения вибрированием при укладке.

Для производства необходимо иметь только специальные металлические формы для отливки готовых изделий стандартных размеров. А иногда даже применяются формы, изготовленные из ламинированной фанеры. На больших предприятиях для облегчения процесса можно производить изделия автоматизировано, что в значительной степени снижает трудозатраты, повышает качество продукции и делает процесс производства пенобетонной смеси более технологичным и нормируемым [1, 2].

Целью работы является экспериментальное исследование комплексного влияния силикатных наномодификаторов и синтетического пенообразователя (ПО) на свойства цементного камня (ЦК) пенобетона в условиях цементной минерализации пены.

Для достижения поставленной цели решались задачи по определению:

- кратности пены в зависимости от объемной концентрации синтетического ПО (в % от объема воды);
- зависимостей средней плотности, коэффициента теплопроводности, предела прочности при сжатии, водопоглощения по массе, открытой пористости цементного камня от содержания силикатных наномодификаторов в комплексе с синтетическим ПО.

В качестве исходных материалов в исследовании применялись:

- общестроительный бездобавочный нормальнотвердеющий портландцемент ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108 (АО «Мальцовский портландцемент»). Химический состав (% по массе): СаО – 66,2; SiO<sub>2</sub> – 21,71;

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

$Al_2O_3$  – 5,27;  $Fe_2O_3$  – 3,74;  $MgO$  – 1,3;  $SO_3$  – 2,1;  $(Na_2O + K_2O)$  – 0,65. Минералогический состав (% по массе):  $C_3S$  – 60,55;  $C_2S$  – 16,59;  $C_3A$  – 7,63;  $C_4AF$  – 11,38. Удельная поверхность – 364 м<sup>2</sup>/кг. Нормальная густота – 28 %. Сроки схватывания: начало – 3 ч 25 мин, конец – 4 ч 25 мин;

- синтетический пенообразователь ПБ-Люкс (ООО «Альянс-Строительные Технологии»);

- силикатные наномодификаторы [3, 4], получаемые путем ультразвукового диспергирования при частоте ультразвука 35 кГц суспензий с концентрацией твердой фазы 3 %, содержащих микрокремнезем (МК) или коллоидный кремнезем [5] (КК) (ООО «Альянс-Строительные Технологии»), суперпластификатор С-3 в виде сухого вещества (ООО «Полипласт Новомосковск») или смолу древесную омыленную СДО в виде жидкости (ООО «Альянс-Строительные Технологии») и воду.

Диспергирование производилось в течение 7 минут при следующем содержании компонентов, % по массе: микрокремнезем (или коллоидный кремнезем) – 65, С-3 (или СДО) – 35 [6].

Синтетический пенообразователь для пенобетона ПБ-Люкс представляет собой оптимальную смесь анионоактивных ПАВ со стабилизирующими и функциональными добавками. Используется во всех известных технологиях производства пенобетона: классической технологии, сухой минерализации пены [7, 8], пенобаротехнологии. Кратность пены варьируется от 5 до 50 изменением настроек оборудования. Позволяет получать пенобетон со средней плотностью от 350 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Пенообразователь ПБ-Люкс совместим со всеми органическими и неорганическими добавками, используемыми для модификации бетона. Коэффициент устойчивости пены в цементном тесте превышает 0,95.

Микрокремнезем (МК) – ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый в процессе газоочистки технологических печей при производстве кремнийсодержащих сплавов. Основным компонентом материала является диоксид кремния  $SiO_2$  аморфной модификации [9, 10].

С-3 – представляет собой нафталинформальдегидный суперпластификатор для бетонов и строительных растворов.

СДО – продукт омыления древесных пеков переработки хвойных и лиственных пород на уксусную кислоту, используемый в качестве воздухововлекающей добавки для бетонов и строительных растворов.

Исследование свойств ЦК проводилось на образцах размерами 2×2×2 см, изготовленных из цементного теста нормальной густоты (28 %).

Приготовление цементного теста осуществлялось в следующей последовательности: подача дозированного объема воды, введение силикатного наномодификатора и синтетического ПО (в % от объема воды), миксерное взбивание пены в течение 1,5 минут, перемешивание пены с портландцементом (сухая минерализация пены) в течение 3 минут.

Уплотнение цементного теста в формах производилось на встряхивающем

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

столике в течение 1 мин. Испытание образцов ЦК проводилось через 2 суток твердения в нормальных условиях при температуре  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , влажности  $(95 \pm 5) \%$  и после тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму  $(3 + 3 + 6 + 2)$  ч при температуре изотермической выдержки  $70 ^\circ\text{C}$  (где 3 ч – время предварительной выдержки; 3 ч – время подъема температуры; 6 ч – время изотермической выдержки; 2 ч – время снижения температуры).

Установлено, что зависимость кратности пены от объемной концентрации синтетического пенообразователя ПБ-Люкс носит экстремальный характер. Максимальные значения кратности пены, равные 11,5 и 11, достигаются при концентрациях ПО 0,7 % и 2,5, 3,5, 4,5 % соответственно.

Концентрация ПБ-Люкс, равная 0,7 % от объема воды затворения, принята за оптимальную и использована при дальнейшем выполнении исследования.

Результаты испытаний показали, что средняя плотность цементного камня пенобетона при комплексном использовании ПО и наномодификатора на основе (МК + СДО) снижается на 37 % (от 2160 до 1363 кг/м<sup>3</sup>), а на основе (МК + С-3) – на 41 % (до 1283 кг/м<sup>3</sup>). В первом случае коэффициент теплопроводности ЦК снижается от 1,03 до 0,6 Вт/(м·°C) (на 42 %), а во втором случае – до 0,56 Вт/(м·°C) (на 46 %).

Выявлено, что цементная минерализация пены, структурированной наномодификатором на основе (КК + СДО), приводит к снижению средней плотности и коэффициента теплопроводности ЦК на 33 % (до 1446 кг/м<sup>3</sup>) и на 38 % (до 0,64 Вт/(м·°C)) соответственно. При введении наномодификатора на основе (КК + С-3) средняя плотность ЦК снижается на 44 % (до 1200 кг/м<sup>3</sup>), а коэффициент теплопроводности – на 50 % (до 0,51 Вт/(м·°C)).

Поризация цементного теста пенообразователем ПБ-Люкс с наномодификатором на основе (МК + СДО) способствует повышению открытой пористости ЦК от 5,4 до 18,8 % (в 3,5 раза), водопоглощения по массе от 2,5 до 13,8 % (в 5,5 раза).

При использовании ПО и наномодификатора на основе (МК + С-3) открытая пористость ЦК повышается до 23,7 % (в 4,4 раза), а водопоглощение по массе – до 18,4 % (в 7,4 раз).

Цементная минерализация пены, структурированной наномодификатором на основе (КК + СДО), приводит к повышению открытой пористости ЦК до 23,8 % (в 4,4 раза), водопоглощения по массе – до 16,4 % (в 6,6 раза). При введении наномодификатора на основе (КК + С-3) открытая пористость ЦК повышается до 22,5 % (в 4,2 раза), а водопоглощение по массе – до 18,8 % (в 7,5 раза).

Установлено, что поризация цементного теста пенообразователем с наномодификатором на основе микрокремнезема способствует снижению предела прочности при сжатии ЦК от 16,7 до 10-10,3 МПа (в 1,6-1,7 раза) через 2 суток твердения и от 52,1 до 12,8-15,6 МПа (в 3,3-4,1 раза) после ТВО (рис. 1). При использовании ПО и наномодификатора на основе коллоидного кремнезема предел прочности при сжатии ЦК снижается до 7-7,6 МПа (в 2,2-2,4 раза) через 2 суток твердения и до 8,4-13,9 МПа (в 3,7-6,2 раза) после ТВО (рис. 2).

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

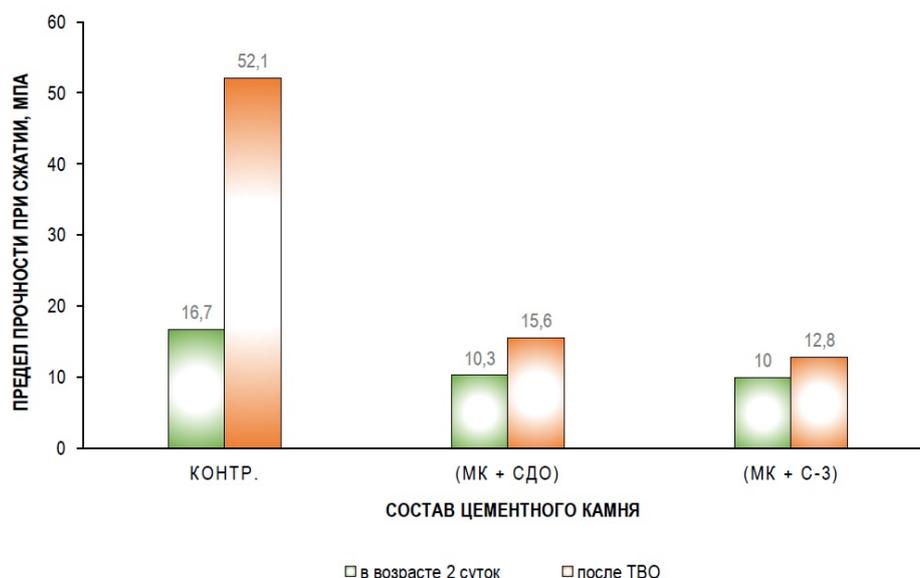


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии цементного камня от содержания пенообразователя и наномодификатора на основе МК

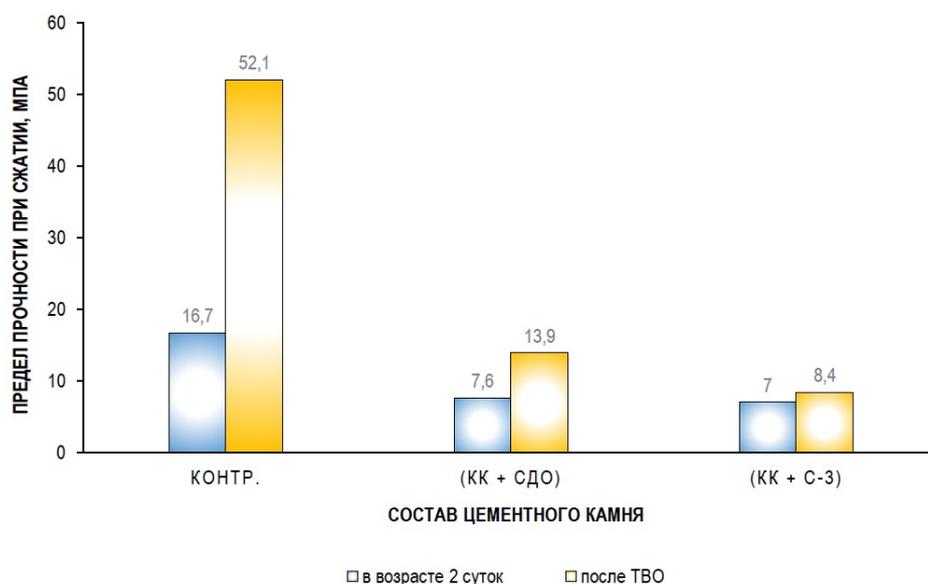


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии цементного камня от содержания пенообразователя и наномодификатора на основе КК

### Заключение

Проведен анализ комплексного влияния силикатных наномодификаторов на основе микрокремнезема (коллоидного кремнезема) со стабилизатором С-3 (СДО) и синтетического пенообразователя ПБ-Люкс на изменение средней плотности, коэффициента теплопроводности, открытой пористости, водопоглощения по массе, предела прочности при сжатии в возрасте 2 суток и после ТВО образцов цементного камня пенобетона. Выявлено, что цементная минерализация пены, полученной при концентрации пенообразователя 0,7 % (от объема воды затворения) и структурированной наномодификаторам на основе микрокремнезема, вводимым в количестве 10 % (от массы портландцемента),

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

способствует снижению средней плотности цементного камня на 37-41 %, коэффициента теплопроводности – на 42-46 %. При этом открытая пористость цементного камня повышается в 3,5-4,4 раза, водопоглощение по массе – в 5,5-7,4 раза, а предел прочности при сжатии снижается в 1,6-1,7 раза через 2 суток твердения и в 3,3-4,1 раза после ТВО. В то же время, цементная минерализация пены, структурированной нанодисперсным модификатором на основе коллоидного кремнезема, приводит к снижению средней плотности цементного камня на 33-44 %, коэффициента теплопроводности – на 38-50 %. В данном случае открытая пористость цементного камня повышается в 4,2-4,4 раза, водопоглощение по массе – в 6,6-7,5 раза, а предел прочности при сжатии снижается в 2,2-2,4 раза через 2 суток твердения и в 3,7-6,2 раза после ТВО.

### Список литературы

1. Назарова А.В. Модифицированные пенобетоны неавтоклавного твердения в современном строительном производстве: монография / А.В. Назарова, С.В. Сороканич, Е.М. Вишторский [и др.]. Москва, 2024. 98 с.
2. Шлегель И.Ф. Повышение эффективности производства пенобетонов неавтоклавного твердения / И.Ф. Шлегель, Г.Я. Шаевич, Л.А. Карabut [и др.] // Строительные материалы. 2008. № 1. С. 24-25.
3. Лукутцова Н.П. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.Н. Головин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.
4. Лукутцова Н.П. Наномодифицирующие добавки в бетон / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 101-104.
5. Vasyunina S.V. Effect of colloidal silicon dioxide on the properties of building ceramics / S.V. Vasyunina, N.P. Lukuttsova, V.O. Momot // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 173-177.
6. Способ изготовления комплексной нанодисперсной добавки для высокопрочного бетона: пат. 2563264 Рос. Федерация. № 2014131704/03 / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, А.В. Суглобов; заявл. 30.07.2014; опубл. 20.09.2015, Бюл. № 26.
7. Лукутцова Н.П. Влияние вида пенообразователя на микроструктуру и свойства гипсового камня / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.Н. Головин [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 1 (84). С. 57-61.
8. Lukuttsova N.P. Properties and microstructure of gypsum stone with synthetic and protein foaming agents / N.P. Lukuttsova, A.A. Pykin, S.N. Golovin [et al.] // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. Pp. 313-317.
9. Лукутцова Н.П. Свойства арболита с наномодифицирующей добавкой на основе микрокремнезема / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, А.А. Пыкин [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 2 (89). С. 97-104.
10. Gornostaeva E.Y. Improvement of wood-cement composition properties with microsilica additive / E.Y. Gornostaeva, N.P. Lukuttsova, D.I. Dryazgov // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 162-167.

## **ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Воробьев А.А., Лукутцова Н.П., Головин С.Н., Грибанов В.В.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты предварительных исследований механических свойств мелкозернистого бетона с добавлением суперпластификатора MasterGlenium на различных видах заполнителей (кварцевом и фосфоритном песках). Полученные данные могут быть использованы в дальнейшем для оптимизации параметров компонентов мелкозернистых бетонных смесей с целью улучшения их свойств.*

С каждым годом использование бетона с различными видами заполнителей становится все более актуальным в строительной индустрии. Однако, исследования в области влияния пластифицирующих добавок на механические свойства мелкозернистого бетона относительно новым направлением. Именно пластифицирующие добавки играют ключевую роль в улучшении технических свойств мелкозернистого бетона. Они способствуют улучшению подвижности бетонной смеси, уменьшению водоотделения, ускоряют процесс схватывания и твердения бетона.

Использование пластифицирующих добавок в бетоне позволяет повысить его прочность [1-6], устойчивость к воздействию агрессивных сред [4, 5], улучшить уровень защиты арматуры от коррозии, снизить вероятность возникновения трещин и обеспечить экологическую безопасность бетонных изделий и конструкций [7-10].

Целью данной работы является исследование влияния пластифицирующей добавки на кинетику твердения мелкозернистого бетона с различными видами заполнителей.

Основные задачи исследования:

- определение характеристик используемых материалов;
- исследование влияния пластифицирующей добавки (ПД) суперпластификатора MasterGlenium на свойства мелкозернистого бетона (МЗБ).

В качестве исходных компонентов для приготовления смеси мелкозернистого бетона применялись материалы:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 ГОСТ 31108-2020 (Республика Беларусь, г. Кричев, ОАО «Кричевцемент») с классом прочности 42,5 МПа;
- пластифицирующая добавка на основе эфира поликарбоксилата MasterGlenium®ACE 430;
- вода по ГОСТ 23732-2011;
- фосфоритный песок – ФП (рис. 1, а), соответствующий ГОСТ 8736-2014, с модулем крупности  $M_k = 1,52$  с насыпной плотностью 1496 кг/м<sup>3</sup> (Брянский

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

фосфоритный завод). Полный остаток на сите № 0,63 – 5,2 % (табл. 1, рис. 2). Данный вид песка является отходом производства фосфоритных удобрений, что является необходимой экологической и одной из первостепенной экономической причиной использования его в дальнейшем в составах МЗБ [2];

- кварцевый песок – КП (рис. 1, б), соответствующий ГОСТ 8736-2014, с модулем крупности  $M_k = 1,3$  с насыпной плотностью 1458 кг/м<sup>3</sup> (Брянская область). Полный остаток на сите № 0,63 составляет 5,6 % (табл. 1, рис. 2).



Рис. 1. Фосфоритный (а) и кварцевый (б) пески

Таблица 1 – Результаты определения зернового состава мелкого заполнителя

Наименование остатков	Размеры отверстий сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16
Кварцевый песок						
Частный, %	0,6	0,8	4,2	26,8	57,7	9,9
Полный, %	0,6	1,4	5,6	32,4	90,1	100
Фосфоритный песок						
Частный, %	0,3	1,1	3,8	47	41,6	6,2
Полный, %	0,3	1,4	5,2	52,2	93,8	100

Мелкозернистый бетон готовили путем смешивания цемента, песка, пластифицирующей добавки (МЦ) (1 %, 1,5 %, 2 % от массы цемента) и воды в количестве 170-200 мл. Полученной смесью заполняли металлические формы 3ФБ-40 размерами 40×40×160 мм. Время вибрирования мелкозернистой бетонной смеси составляло 1,5-2 мин. Образцы твердели в естественных условиях при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 95 %. Испытания образцов на сжатие и изгиб проводились на гидравлическом прессе ЗИМ ПСУ-10 (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов МЗБ на изгиб

Образец	Прочность на изгиб, МПа	
	КП	ФП
Контрольный	1,29	0,97
ПД 1 %	5,86	2,11
ПД 1,5 %	6,56	4,38
ПД 2 %	4,69	5,86

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

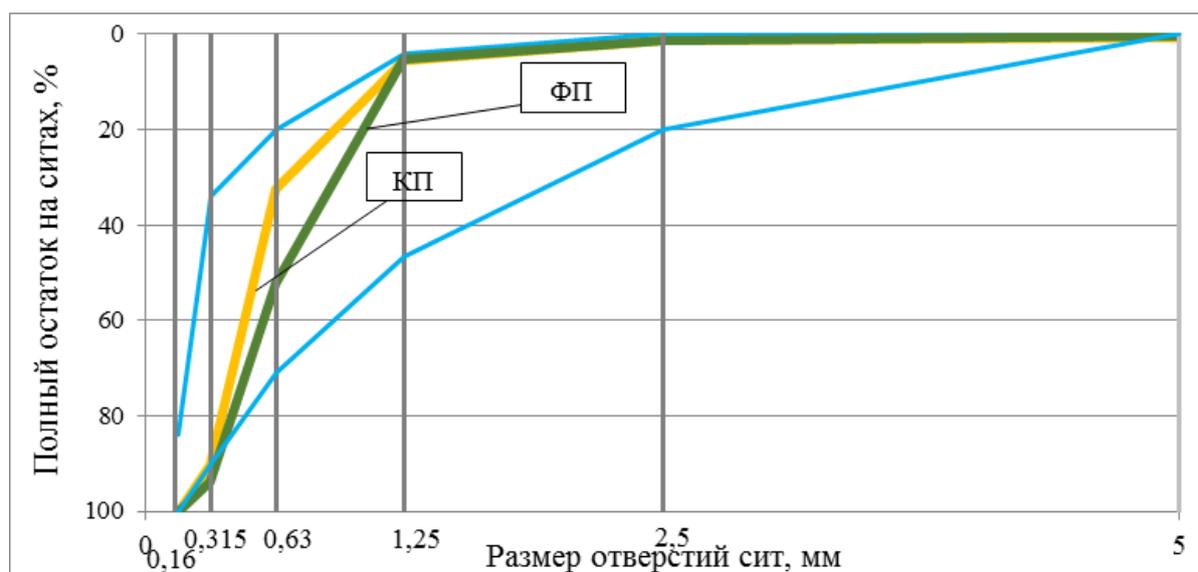


Рис. 2. Кривые рассеивания песка в зоне допустимых параметров

Полученные в ходе испытаний на изгиб «половинки» призм были испытаны на сжатие (табл. 3) на гидравлическом прессе Matest-Treviolo-24048 [3].

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов МЗБ на сжатие

Образец	Фосфоритный песок			Кварцевый песок		
	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.					
	3	7	28	3	7	28
Контрольный	2,36	4,18	7,16	5,01	8,88	15,21
ПД 1 %	3,70	6,56	11,24	7,33	12,99	22,25
ПД 1,5 %	5,69	10,09	17,27	12,61	22,34	38,26
ПД 2 %	7,61	13,49	23,10	10,08	17,86	30,58

### Заключение

На основании полученных в ходе исследования результатов, можно заключить, что прочность образцов мелкозернистого бетона на кварцевом песке больше, чем на фосфоритном песке.

Также следует отметить, что введение пластифицирующей добавки в количестве 2 % для МЗБ с ФП позволяет получить прочность на сжатие на 70 % больше по сравнению с контрольными составами.

Но в тоже время прочность МЗБ с ФП и добавкой суперпластификатора MasterGlenium в количестве 2 % через 28 суток твердения составляет 23,1 МПа, что на 39 % меньше по сравнению с прочностью МЗБ с кварцевым песком и добавкой пластификатора 1,5 %.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Низкие показатели прочности мелкозернистого бетона с фосфоритным песком связаны в первую очередь с его минеральным составом и требуют дальнейшего изучения.

### Список литературы

1. Лукутцова Н.П. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микрозаполнителем / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 94-100.
2. Пыкин А.А. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита / А.А. Пыкин, Н.П. Лукутцова, Г.В. Костюченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 22-27.
3. Лукутцова Н.П. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микрозаполнителем / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 94-100.
4. Лукутцова Н.П. Влияние вида мелкого заполнителя на механические свойства бетона, армированного металлической фиброй / Н.П. Лукутцова, А.А. Воробьев, Т.С. Тугай // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 18-21.
5. Лукутцова Н.П. Влияние формы металлической латунированной фибры на механические свойства фибробетона / Н.П. Лукутцова, А.А. Воробьев // Актуальные вопросы техники, науки, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-11 февраля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 594-598.
6. Лукутцова Н.П. Исследование влияния содержания латунированной фибры на прочностные показатели мелкозернистого бетона / Н.П. Лукутцова, А.А. Воробьев, С.Н. Головин [и др.] // Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии: матер. междунар. науч.-практ. онлайн-конф. (Бендеры, 22 ноября 2022 г.). Бендеры: Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко. 2022. С. 26-30.
7. Лукутцова Н.П. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов / Н.П. Лукутцова, В.М. Кожухар // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70-75.
8. Лукутцова Н.П. Наномодифицированный мелкозернистый бетон / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.
9. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3 (74). С. 26.
10. Лукутцова Н.П. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова, О.А. Постникова, А.Н. Николаенко [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Горностаева Е.Ю., Лысенко В.В., Ямпольский А.А., Анодин Д.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрена возможность получения строительных материалов на основе отходов промышленности. В качестве органического заполнителя использовали шелуху проса, в качестве вяжущего вещества – строительный гипс марки Г-4 БИ. Обоснована возможность повышения прочности органогипсовых композиций путем введения в состав смеси микрокремнезема.*

В связи с повышением стоимости энергоносителей во всем мире принимаются программы теплосбережения. Для строительства энергопассивных зданий могут эффективно использоваться конструкционно-теплоизоляционные материалы, полученные с использованием отходов промышленности. В настоящее время широкое использование промышленных отходов связано с ограниченностью сырьевых ресурсов, высокой материало- и энергоемкостью ряда технологических процессов добычи и переработки сырья. Применение отходов предполагает решение ряда проблем, связанных с экологией (исключается необходимость разработки новых месторождений, отведение площадей под отвалы и т.д.) [1-13].

Целью работы является изучение возможности получения строительного материала на основе шелухи проса (органический заполнитель) и гипсового вяжущего вещества.

Для достижения поставленной цели решалась задача по изучению состава и свойств гипсовых композиций при введении шелухи проса.

В качестве вяжущего для проведения исследований использовался гипс марки Г-4 БИ.

В качестве органического заполнителя использовалась шелуха проса со средней плотностью 135 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве микродисперсной добавки и микроармирующего компонента применялся микрокремнезем (МК) конденсированный марки МК-85 [14-16], представляющий собой ультрадисперсный порошок серого цвета состоящий, в основном, из сферических частиц диаметром менее 0,5 мкм. Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации. Удельная поверхность микрокремнезема составляет 12000 м<sup>2</sup>/кг, насыпная плотность 250 кг/м<sup>3</sup>, истинная плотность 2200 кг/м<sup>3</sup>. Физико-химические показатели микрокремнезема представлены в табл. 1.

Химический состав микрокремнезема конденсированного марки МК-85 представлен в табл. 2.

Вода для затворения вяжущего использовалась водопроводная Брянской области в соответствии с ГОСТ 23732. Окисленность воды не превышала 15 мг/л.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Содержание в воде органических поверхностно-активных веществ, сахаров и фенолов, каждого было не более 10 мг/л. Брянская водопроводная вода имеет рН 7,2.

Таблица 1 – Физико-химические показатели конденсированного микрокремнезема марки МК-85

Наименование свойств	Единица измерения	Величина
Массовая доля микрокремнезема конденсированного в пересчете на сухой продукт, не менее	%	97
Массовая доля потерь при прокаливании (п.п.п.), не более	%	3
Массовая доля диоксида кремния (SiO <sub>2</sub> ), не менее	%	85
Массовая доля свободных щелочей (Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O), не более	%	2
Массовая доля оксида кальция, не более	%	3
Массовая доля серного ангидрида, не более	%	0,6

Таблица 2 – Химический состав конденсированного микрокремнезема марки МК-85

Содержание оксидов, %															
SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	MnO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZnO	SrO	CuO	PbO	
71,2	18,0	5,32	1,83	1,37	0,77	0,52	0,20	0,12	0,12	0,07	0,04	0,03	0,02	0,008	

Добавка вводилась в смесь в количестве 5, 10, 15, 20, 25 и 30 % от массы гипса. Изготовление образцов происходило в следующей последовательности. Гипс смешивался с микрокремнеземом, а затем смесь затворялась водой, потом вводили шелуху проса. Время перемешивания составляло 1 мин. Затем смесь выкладывалась в форму. Через 30 минут твердения образцы-кубы размером 7,07×7,07×7,07 см извлекали из формы и через 2 часа (от начала затворения смеси водой) испытывали на сжатие.

Из табл. 3 видно, что введение добавки микрокремнезема в количестве от 5 до 30 % приводит к снижению средней плотности и увеличению предела прочности при сжатии по сравнению с контрольным составом.

Установлено, что зависимости средней плотности и предела прочности при сжатии от содержания добавки микрокремнезема носят экстремальный характер.

Максимальный эффект от применения микрокремнезема был достигнут при использовании его в количестве 30 % от массы вяжущего.

Увеличение плотности и прочности при сжатии органогипсовых композиций происходит за счет уплотняющего действия микрочастиц, заполняющих пространство между частицами гипса и шелухи в тесте и

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

продуктами гидратации камне.

Таблица 3 – Результаты испытания образцов органогипсовых композиций (ОГК)

Состав	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа
Контрольный состав	980	4,6
ОГК + 5 % МК	937	5,1
ОГК + 10 % МК	909	5,7
ОГК +15 % МК	881	6,4
ОГК + 20 % МК	838	7,0
ОГК + 25 % МК	896	7,6
ОГК + 30 % МК	867	8,4

### Заключение

Подобное действие микрокремнезем оказывает на свойства органогипсовой смеси в связи с тем, что высокая его активность определена наличием диоксида кремния аморфной модификации и наличием ультрадисперсных частиц сферической формы.

### Список литературы

1. Лукутцова Н.П. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.Н. Головин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.
2. Наназашвили И.Х. Получение строительных материалов на базе глубокой переработки древесины / И.Х. Наназашвили // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 10. С. 16-17.
3. Лукутцова Н.П. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, Е.Г. Карпиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
4. Лукутцова Н.П. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова, О.А. Постникова, А.Н. Николаенко [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.
5. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3 (74). С. 26.
6. Лукутцова Н.П. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

промышленности строительных материалов / Н.П. Лукутцова, В.М. Кожухар // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70-75.

7. Ахременко С.А. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов / С.А. Ахременко, Н.П. Лукутцова // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2008. № 2-18. С. 56-60.

8. Лукутцова Н.П. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова, О.А. Постникова, А.Н. Николаенко [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.

9. Lukuttsova N. Nano-additives for composite building materials and their environmental safety / N. Lukuttsova, A. Pykin, Y. Kleymenicheva [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. Pp. 7561-7565.

10. Королева Е.Л. Композиционное вяжущее на основе ваграночного шлака / Е.Л. Королева, Н.П. Лукутцова, Л.М. Шевченко [и др.] // Эффективные строительные композиты: матер. науч.-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича (Белгород, 2-3 апреля 2015 г.). Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 291-292.

11. Лукутцова Н.П. Математическое моделирование влияния сырьевых компонентов на прочность гипсодревесного композита / Н.П. Лукутцова, А.А. Лукаш, А.А. Пыкин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2023. № 2. С. 51-58.

12. Лукаш А.А. Эффективные строительные материалы и изделия из техногенных отходов для жилищного строительства / А.А. Лукаш, Н.П. Лукутцова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 2. С. 26-37.

13. Лукутцова Н.П. Модифицирование древесно-цементных композиций комплексными добавками / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, С.В. Поляков [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 13-16.

14. Лукутцова Н.П. Свойства арболита с наномодифицирующей добавкой на основе микрокремнезема / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, А.А. Пыкин [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 2 (89). С. 97-104.

15. Gornostaeva E.Y. Improvement of wood-cement composition properties with microsilica additive / E.Y. Gornostaeva, N.P. Lukuttsova, D.I. Dryazgov // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 162-167.

16. Горностаева Е.Ю. Композиты на основе органического заполнителя / Е.Ю. Горностаева, Г.Н. Соболева, Е.В. Камоза // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, д-ра техн. наук, проф. В.С. Лесовика (Белгород, 15-16 марта 2016 г.). Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. С. 197-204.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЛАТЕРИТОВ ГОСУДАРСТВА ЭРИТРЕЯ

Гхебремедхин К.В., Володченко А.А., Клименко В.Г., Володченко А.Н.  
(ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический  
университет», г. Белгород, Россия)

*Установлено, что на основе природного сырья Государства Эритрея, в частности латеритов и аморфных вулканических пород можно получать автоклавные силикатные материалы с высокими физико-механическими свойствами. Полимнеральный состав сырьевой смеси обеспечивает синтез гидрогранатов, высоко- и низкоосновных гидросиликатов кальция, что обеспечивает формирование оптимальной микроструктуры цементирующего вещества. На основе данного сырья можно получать объемно-окрашенные отделочные материалы.*

Современная строительная отрасль, находящаяся на высоком техническом уровне, оказывает значительное давление на слабую экономику развивающихся стран. Кроме этого, большие масштабы использования в строительстве цемента и, соответственно его производство, вносят основной вклад в выбросы углекислого газа. Также ожидается значительный рост населения в странах Африки к югу от Сахары в ближайшие три десятилетия, что потребует удвоения существующего жилищного фонда [1-3]. Учитывая этот сценарий, возникает потребность реформирования производственных процессов в строительной отрасли. Для этого необходимы усилия по содействию устойчивому развитию и доступности по цене в жилищном строительстве за счет использования экологически чистых строительных материалов, таких как прессованный земляной кирпич и стабилизированный известью земляной кирпич [4, 5].

При производстве прессованного глиняного кирпича выделяется гораздо меньше  $\text{CO}_2$ , чем при производстве бетонных блоков и обожженного глиняного кирпича, а также требуется меньших затрат энергии. Производство обожженного кирпича и материалов на основе цемента почти прекратилось из-за отсутствия в стране дешевых энергетических ресурсов [6, 7]. Выбросы парниковых газов в Эритрее возросли на 17,67 % в период с 2000 по 2015 год. На Африканском Роге наблюдается значительная тенденция к повышению среднегодовой температуры, особенно в Эритрее, где с 1940-х годов зарегистрировано повышение температуры примерно на 2 °С.

В этих условиях обосновано использование экологически чистых и экономически эффективных строительных материалов на основе глинистых пород. В сельской местности восточной Африки широко используется сырцовый глиняный кирпич, который получают с использованием соломы и органических добавок [8, 9]. Кроме этого, зачастую для повышения механических свойств кирпичей используются добавки или стабилизаторы, такие как известь или цемент.

В ряде африканских стран, а также государстве Эритрее для производства

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

кирпича и мощения дорог используется латеритная почва. Большие объемы запасов этой породы может позволить стране решить критические жилищные проблемы и минимизировать затраты на частое обслуживание дорог.

Латериты образовались во влажных тропических и субтропических регионах в результате интенсивного выветривания подстилающих материнских пород [10-12]. Территория Эритреи на 33 % покрыто латеритной почвой [13]. Наиболее сильно латеритизированы районы центральные нагорья [14, 15]. Отличительной особенностью латеритов является высокое содержание оксидов железа, обеспечивающее породам красную окраску.

В присутствие извести и воды в сильнощелочной среде повышается растворимость кремнезема и глинозема, которые реагируя с кальцием, образуют нерастворимый в воде гель, медленно кристаллизующийся в гидросиликаты и гидроалюминаты кальция (CSH и CAH). Полученные новообразования покрывают частицы песка и глины и устанавливают связи между ними [16, 17].

Повысить эффективность производства стеновых материалов в Государстве Эритрея возможно за счет гидротермального способа получения силикатных материалов на основе алюмосиликатных пород. Известно, что в качестве сырья для получения автоклавных силикатных материалов пригодны алюмосиликатные породы незавершенной стадии глинообразования [18-23]. Также установлена возможность получения на основе латеритов окрашенных автоклавных материалов, причем максимальное повышение прочности составило 17 % [24].

Целью работы является изучение возможности повышения физико-механических характеристик автоклавных стеновых материалов на основе латеритов и аморфных вулканических пород.

В работе использовали латерит месторождения Маэкель Государства Эритрея. Минеральный состав представлен кварцем (3,34; 2,28; 1,82 Å), каолинитом (7,167 Å), гидрослюдой (9,99-10,0 Å), монтмориллонитом (14,858 Å) и оксидом железа (III) (2,54; 2,98) Å (рис. 1) [24].

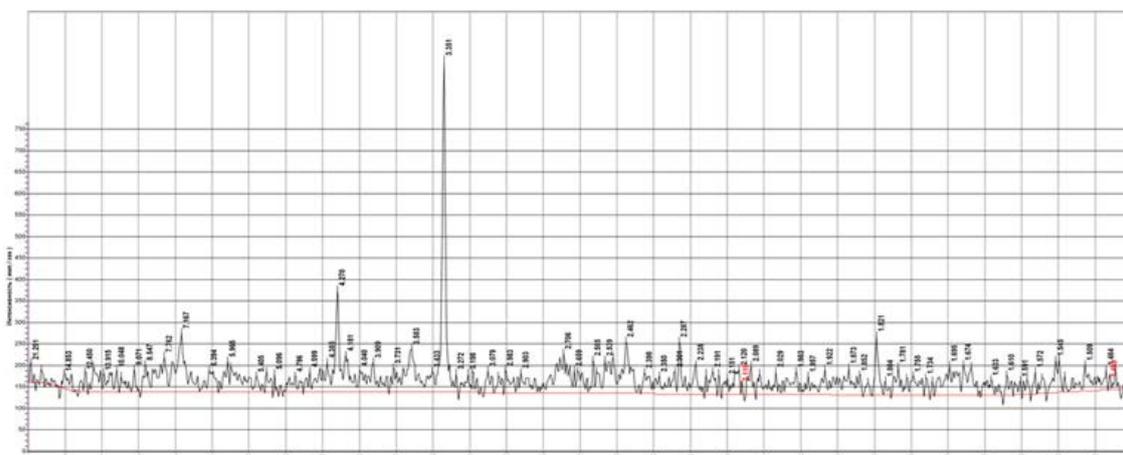


Рис. 1. Рентгенограмма латерита

В качестве сырья также использовали аморфную вулканическую породу (АВП) месторождения Ирафайле, которая представляет собой тонкодисперсную

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

породу серого цвета. Рентгенофазовый анализ (рис. 2) свидетельствует о наличии большого количества аморфной фазы. Также фиксируется наличие полевого шпата (3,203; 2,238 Å).

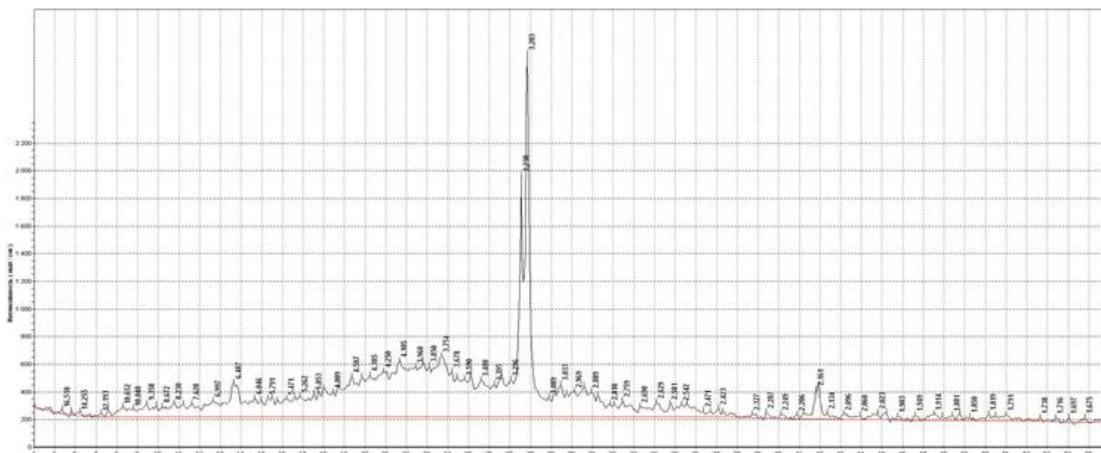


Рис. 2. Рентгенограмма АВП

Латерит и АВП предварительно измельчали до удельной поверхности 300 м<sup>2</sup>/кг. Негашеную комовую известь измельчали до удельной поверхности 350 м<sup>2</sup>/кг. Готовили два состава с содержанием латерита в известково-песчаной смеси 20 и 40 мас. %. В каждом составе часть кварцевого песка заменяли АВП в количестве от 5 до 30 мас. %. Содержание в сырьевой смеси активной СаО составляло 8 %. Составы увлажняли и выдерживали в герметически закрытой чашке для гашения извести. Из полученных сырьевых смесей влажностью 10 % при давлении прессования 20 МПа формовали образцы, которые подвергали автоклавной обработке при давлении 1 МПа с изотермической выдержкой 6 ч. Результаты испытаний на физико-механические показатели приведены на рис. 3 и 4.

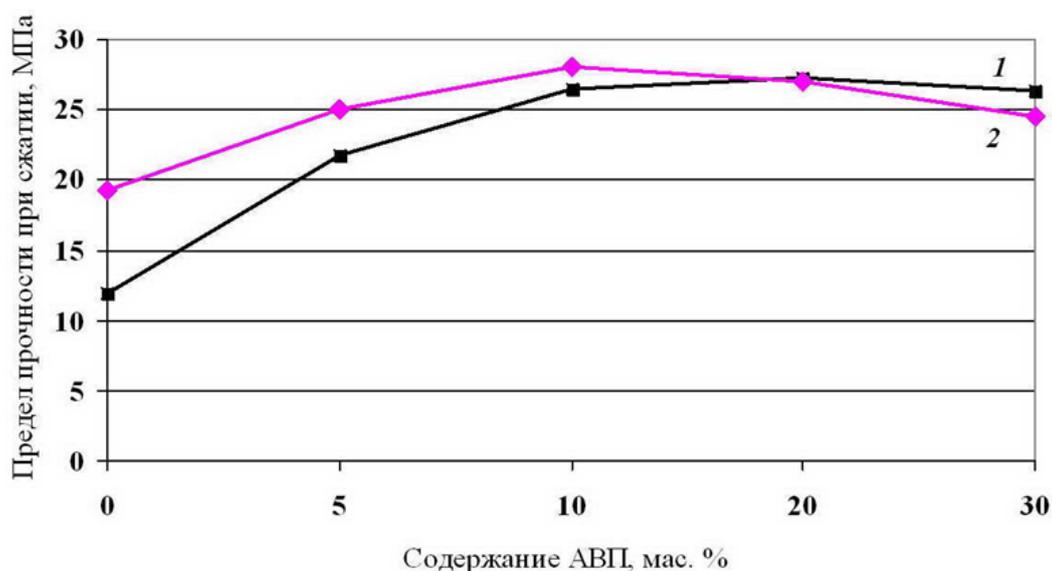


Рис. 3. Предел прочности при сжатии силикатных материалов на основе латерита в зависимости от содержания АВП: содержание латерита, масс. %: 1 – 20; 2 – 40

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Предел прочности при сжатии известково-песчаных (контрольных) образцов составляет 17,6 МПа. Для образцов, содержащих 20 и 40 мас. % латерита прочность соответственно составляет 11,9 и 19,2 МПа. При увеличении содержания АВП до 10-20 мас. % прочность существенно повышается, достигая максимальной величины 27,2 МПа (20 мас. % латерита) и 28,0 МПа (40 мас. % латерита), что выше прочности образцов без АВП на 128,6 % и 45,8 % соответственно (рис. 3). Следовательно, наиболее эффективное влияние на прочность АВП оказывает при содержании латерита 20 мас. %.

Средняя плотность силикатных материалов с увеличением содержания АВП повышается и достигает максимального значения 1930-1958 кг/м<sup>3</sup> при содержании породы 10 мас. % (рис. 4).

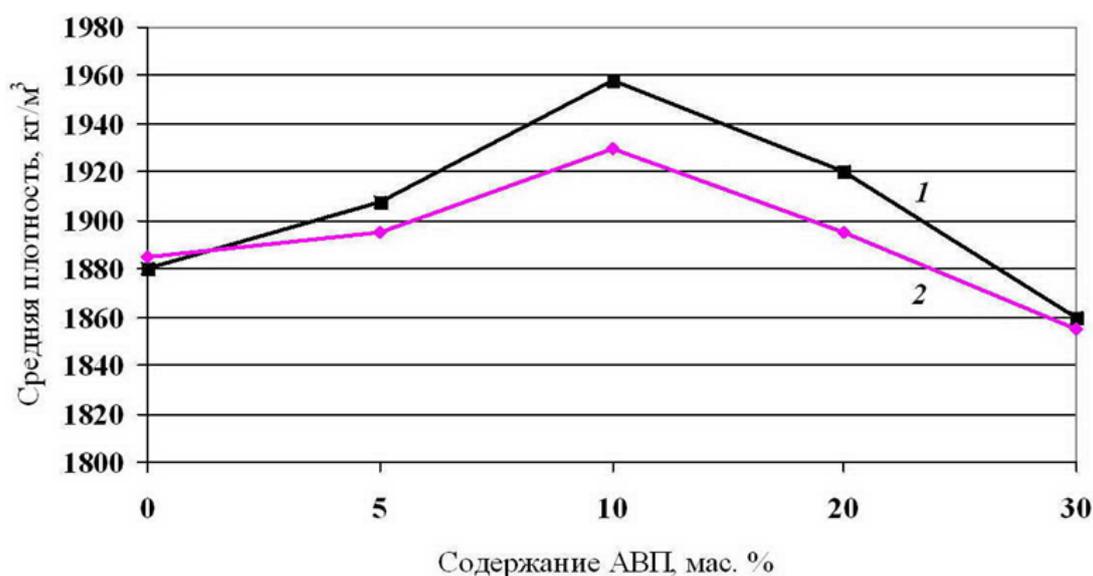


Рис. 4. Средняя плотность силикатных материалов на основе латерита в зависимости от содержания АВП: содержание латерита, масс. %: 1 – 20; 2 – 40

Все полученные образцы обладают высокой водостойкостью. Коэффициент размягчения составляет в пределах 0,82-0,95.

Повышение предела прочности при сжатии силикатных материалов на основе латерита и АВП связано с повышением средней плотности и, соответственно, формированием более плотной упаковки материала. Полиминеральный состав сырьевой смеси, состоящий из глинистых минералов, кварца различной дисперсности и аморфной фазы обеспечивает синтез крупнокристаллических и гелевидных фаз, таких как гидрогранаты, высоко- и низкоосновные гидросиликаты кальция. При этом формируется оптимальная микроструктура цементирующего вещества, обеспечивающая высокие физико-механические показатели изделий.

### Заключение

Изучена возможность получения автоклавных силикатных материалов на

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

основе латеритных пород и аморфной вулканической породы Государства Эритрея. Установлено, что полиминеральный состав сырьевой смеси обеспечивает синтез гидрогранатов, высоко- и низкоосновных гидросиликатов кальция. При этом формируется оптимальная микроструктура цементирующего вещества, обеспечивающая высокие физико-механические показатели изделий. Оптимальное содержание латеритной породы составляет 20-40 мас. %, АВП – 10-20 мас. %. За счет красной окраски латеритной породы можно получать объемно-окрашенные отделочные силикатные материалы различной номенклатуры.

### Список литературы

1. IEA U. Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector // International Energy Agency and the United Nations Environment Programme. 2018.
2. Laski J. From thousands to billions: coordinated action towards 100 % net zero carbon buildings by 2050 / J. Laski, V. Burrows. 2017.
3. Aste N. Innovative models for sustainable development in emerging african countries / N. Aste [et al.] // Springer Nature. 2020. Pp. 167.
4. Oyelami C.A. A review of the use of lateritic soils in the construction/development of sustainable housing in Africa: A geological perspective / C.A. Oyelami, J.L. Van Rooy // Journal of African Earth Sciences 119. 2016. Pp. 226-237.
5. Waziri B.S. Properties of compressed stabilized earth blocks (CSEB) for low-cost housing construction: a preliminary investigation / B.S. Waziri [et al.] // International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology. 2013. Vol. 4. No. 2. Pp. 39-46.
6. Oyelami C.A. A review of the use of lateritic soils in the construction/development of sustainable housing in Africa: A geological perspective / C.A. Oyelami, J.L. Van Rooy // Journal of African Earth Sciences 119. 2016. Pp. 226-237.
7. Gubasheva S. Adobe Brick as a Building Material: дис. – České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum., 2017.
8. Salih M.M. Critical review of recent development in fiber reinforced adobe bricks for sustainable construction / M.M. Salih, A.I. Osofero, M.S. Imbabi // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2020. Vol. 14. Pp. 839-854.
9. Ямб Э. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента / Э. Ямб, Ж. Чему, В.С. Лесовик [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27-33.
10. Ямб Э. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна / Э. Ямб, Ф. Нгапге, А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 43-46.
11. Deller M.E.A. Facies discrimination in laterites, using remotely sensed data: Landsat (TM) versus ASTER, ALI and Hyperion Data-an example from Eritrea / M.E.A. Deller // Annual General Meeting of the Geological Remote Sensing Group. 2002.

12. Drury S.A. Hydrogeological potential of major fractures in Eritrea / S.A. Drury, R.J. Peart, M.E.A. Deller // *Journal of African Earth Sciences*. 2001. Vol. 32. No. 2. Pp. 163-177.
13. Deller M.E.A. Facies discrimination in laterites using Landsat Thematic Mapper, ASTER and ALI data-examples from Eritrea and Arabia / M.E.A. Deller // *International Journal of Remote Sensing*. 2006. Pp. 2389-2409.
14. Володченко А.Н. Кинетика взаимодействия известково-глинистой смеси в гидротермальных условиях / А.Н. Володченко, В.В. Строкова, В.Г. Клименко // *Инновации в строительстве-2020: матер. междунар. науч.-практ. конф.* (Брянск, 25 декабря 2020 г.). Брянск. 2020. С. 82-86.
15. Reddy V.V.V. *Compressed Earth Block and Rammed Earth Structures* / V.V.V. Reddy. Springer Singapore Pte. Limited, 2022.
16. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2011. № 3. С. 13-16.
17. Володченко А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород архангельской алмазодобывающей провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки*. 2006. № 3 (135). С. 67-70.
18. Володченко А.Н. Разработка научных основ производства силикатных автоклавных материалов с использованием глинистого сырья / А.Н. Володченко, В.В. Строкова // *Строительные материалы*. 2018. № 9. С. 25-31.
19. Володченко А.Н. Разработка состава теплоизоляционных материалов автоклавного твердения на основе глинистого сырья / А.Н. Володченко // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017. № 2. С. 162-167.
20. Володченко А.Н. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко, Е.И. Ходыкин, В.В. Строкова // *Технологии бетонов*. 2013. № 6 (83). С. 40-41.
21. Володченко А.Н. Влияние парагенезиса «кварц-глинистые минералы» на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко, В.М. Воронцов, Г.Г. Голиков // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2000. № 10. С. 57-60.
22. Volodchenko A.A. Energy saving raw materials for the production of new generation silicate materials / A.A. Volodchenko, V.S. Lesovik, A.N. Volodchenko [et al.] // *International Journal of Pharmacy & Technology*. Vol. 8. No 4. Pp. 22673-22686.
23. Володченко А.Н. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко [и др.] // *Бетон и железобетон*. 2006. № 6. С. 16-18.
24. Кидане В.Г. Перспективы использования латеритов для получения силикатных материалов / В.Г. Кидане, А.Н. Володченко // *Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф.* (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 35-40.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВИНЦОВОСОДЕРЖАЩЕГО СТЕКЛА

Гхебремедхин К.В., Володченко А.Н., Клименко В.Г., Гродников И.Р.  
(ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический  
университет», г. Белгород, Россия)

*Изучены физико-механические свойства силикатных материалов на основе силикатно-кальциевой матрицы, полученных в условиях пропарки при атмосферном давлении. Установлено, что свинцовосодержащее стекло в сравнении с обычным стеклом обладает более высокой реакционной способностью к известке в условиях пропарки, и способствует формированию прочной микроструктуры цементирующего вещества, обеспечивающего высокую прочность готовых изделий. Высокая средняя плотность материала на основе свинцовосодержащего стекла обеспечит повышенные защитные свойства к ионизирующему излучению, в сравнении с материалами на обычном стекле.*

Активное развитие технологий, в которых используются источники ионизирующего излучения, вызывает необходимость разрабатывать новые защитные материалы, а также совершенствование технологии получения традиционных материалов, не применяемых для этих целей в настоящее время.

К одним из наиболее распространенных и востребованных стеновых строительных материалов относятся силикатные материалы гидротермального твердения, обладающие высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями. По традиционной технологии производства силикатных материалов в качестве сырья используется кварцевый песок и известка. При этом процесс фазообразования протекает в системе «CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O». При этом синтезируются новообразования ограниченного состава, в частности низкоосновные CSH(B) и высокоосновные C<sub>2</sub>SH(A) гидросиликаты кальция.

Повысить качество автоклавных силикатных материалов можно за счет использования сырья, обеспечивающего фазообразование в системе «CaO–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–H<sub>2</sub>O», что увеличивает состав синтезируемых цементирующих соединений. Установлено, что для этого в качестве сырья можно использовать отходы горнодобывающей промышленности, в частности вскрышные песчано-глинистые породы, сотни миллионов тонн которых попадает в зону горных работ при добыче полезных ископаемых [1-11]. На основе глинистых пород можно получать силикатные материалы не только при повышенном давлении, но в условиях пропарки при атмосферном давлении [12].

В настоящее время силикатные материалы, полученные на известково-песчаной смеси, не используются для биологической защиты от ионизирующего излучения. Для повышения защитных свойств можно использовать сырье, содержащее оксиды тяжелых металлов. Для этого предлагается использовать стекло, содержащее оксид свинца.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Целью работы является изучение физико-механических свойств силикатных материалов гидротермального твердения на основе силикатно-кальциевой матрицы, содержащей оксид свинца.

В качестве сырья использовали стекло, содержащее оксид свинца (хрусталь) и негашеную кальциевую известь. Для сравнения проводили эксперименты с обычным стеклом (стекло). Для определения химического состава стекла использовали рентгенофлуоресцентный анализ (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав стекла

Оксиды	SiO <sub>2</sub>	PbO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
Стекло	70,30	0	6,94	0,39	15,13	0	0	4,83	1,86	99,45
Свинцово-содержащее стекло, мас. %	69,01	12,87	0	15,28	1,02	0,82	0,31	0,11	0,10	99,52

Обычное стекло состоит преимущественно из SiO<sub>2</sub> (70,30 мас. %), Na<sub>2</sub>O (15,13 мас. %) и CaO (6,94 мас. %). Основными оксидами в составе свинцовосодержащего стекла являются SiO<sub>2</sub> (69,01 мас. %), PbO (12,87 мас. %) и K<sub>2</sub>O (15,28 мас. %)

Стекла предварительно измельчали до удельной поверхности 1500 см<sup>2</sup>/г. Известь измельчали до удельной поверхности 350 м<sup>2</sup>/г. Готовили состава на основе обычного и свинцовосодержащего стекл. Содержание извести в сырьевой смеси составляло от 2 до 8 мас. %. Составы увлажняли и выдерживали в герметически закрытой чашке для гашения извести. Из полученных сырьевых смесей влажностью 7 % при давлении прессования 20 МПа формовали образцы, которые подвергали гидротермальной обработке в пропарочной камере при температуре 95 °С в течение 12 ч. Результаты испытаний на физико-механические показатели приведены на рис. 1 и 2.

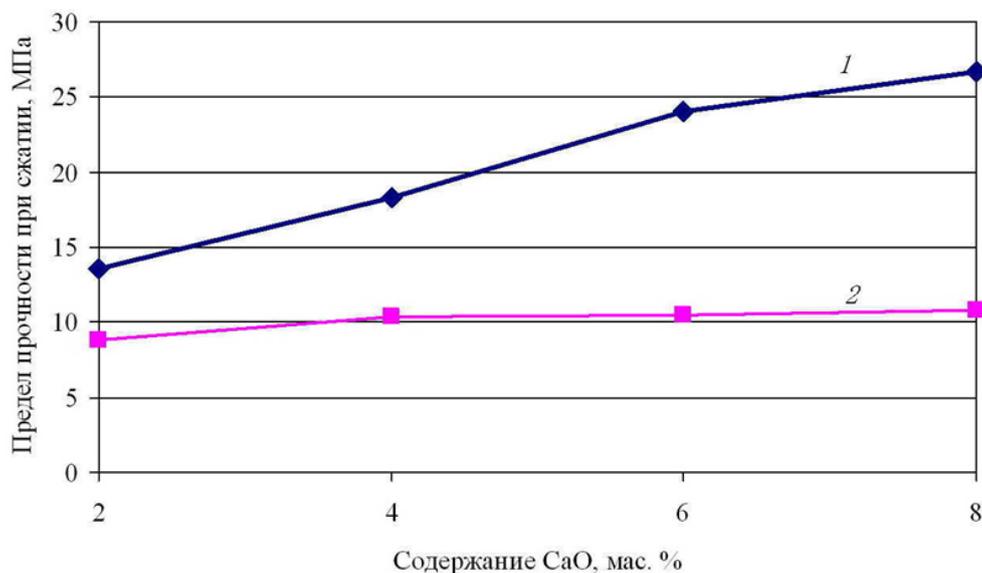


Рис. 1. Предел прочности при сжатии в зависимости от содержания CaO: 1 – свинцовосодержащее стекло; 2 – обычное стекло

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Предел прочности при сжатии образцов на основе обычного стекла с содержанием 2 мас. % СаО составляет 8,8 МПа. Прочность образцов на основе свинцовосодержащего стекла 13,53 МПа, что выше на 53,7 %. Увеличение содержания извести до 8 мас. % существенно повышает прочность образцов на основе свинцовосодержащего стекла и незначительно для обычного стекла. Для образцов на основе свинцовосодержащего стекла предел прочности достигает 26,64 МПа, что почти в 2 раза выше по сравнению с образцами с 2 мас. % СаО (рис. 1, кривая 1). Для обычного стекла повышение прочности составляет только 23 % (рис. 1, кривая 2).

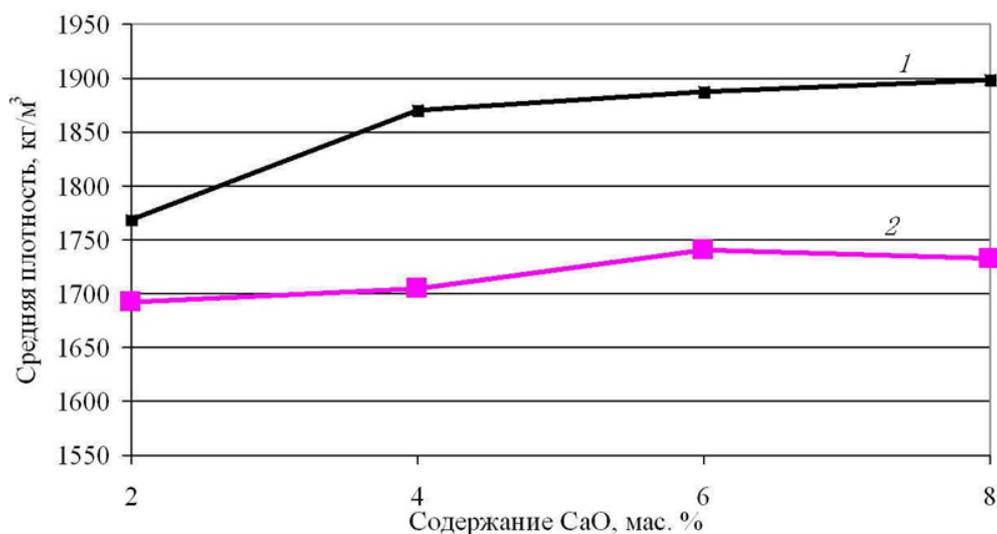


Рис. 2. Средняя плотность в зависимости от содержания СаО:  
1 – свинцовосодержащее стекло; 2 – обычное стекло

Одним из факторов, влияющих на более высокие показатели прочности образцов на основе свинцовосодержащего стекла является формирование более плотной упаковки материала, что подтверждается высокими значениями средней плотности. Для образцов на основе свинцовосодержащего стекла с увеличением содержания СаО с 2 до 8 мас. % средняя плотность повышается от 1770 до 1900 кг/м³ (рис. 2, кривая 1). Для обычного стекла этот показатель изменяется от 1690 до 1730 кг/м³ (рис. 2, кривая 2).

Согласно рентгенофазовому анализу образцов в материалах преобладает аморфная фаза (рис. 3). В материалах на основе обычного стекла с содержанием 6 мас. % СаО содержится несвязанный гидроксид кальция (рефлексы 4,917; 2,629 Å) (рис. 3, а). Рефлекс 3,036 Å свидетельствует, вероятно, о наличии карбоната кальция, который образовался при карбонизации гидроксида кальция. Можно предположить, что условия, в которых осуществлялась пропарка, не обеспечивают полное взаимодействие с сырьем гидроксида кальция.

В образцах на основе свинцовосодержащего стекла рефлексы гидроксида кальция и карбоната кальция отсутствуют, что свидетельствует о полном связывании гидроксида кальция (рис. 3, б). Следовательно, свинцовосодержащее сырье обеспечивает ускоренный синтез цементирующих соединений и, соответственно, образуется их большее количество. Это в свою очередь

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

существенно повышает предел прочности при сжатии полученного материала. По рефлексу 3,048 Å можно судить об образовании низкоосновных гидросиликатов кальция CSH(V), обладающие высокой прочностью.

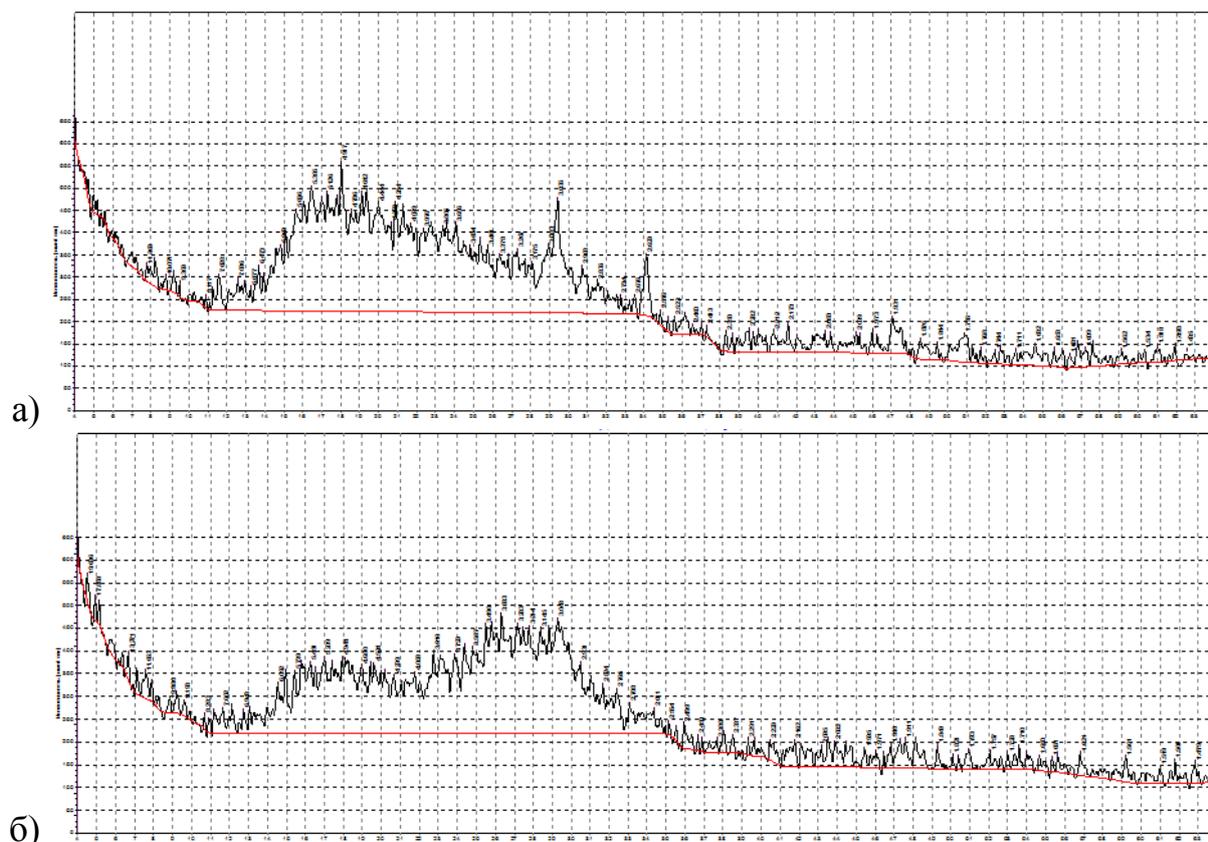


Рис. 3. Рентгенофазовый анализ образцов:  
а – обычное стекло; б – свинцовосодержащее стекло

Следовательно, стекло, содержащее оксид свинца, обладает более высокой реакционной способностью к извести в условиях пропарки и способствует формированию прочной микроструктуры цементирующего вещества, обеспечивающего высокую прочность готовых изделий. Высокая средняя плотность материала на основе свинцовосодержащего стекла обеспечит повышенные защитные свойства к ионизирующему излучению, в сравнении с материалами на обычном стекле. Данные материалы можно использовать в строительстве помещений для биологической защиты от ионизирующего излучения.

### Заключение

Изучены физико-механические свойства силикатных материалов на основе силикатно-кальциевой матрицы, полученных в условиях пропарки при атмосферном давлении. Установлено, что свинцовосодержащее стекло в сравнении с обычным стеклом обладает более высокой реакционной способностью к извести в условиях пропарки, и способствует формированию прочной микроструктуры цементирующего вещества, обеспечивающего

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

высокую прочность готовых изделий. Высокая средняя плотность материала на основе свинцовосодержащего стекла обеспечит повышенные защитные свойства к ионизирующему излучению, в сравнении с материалами на обычном стекле.

### Список литературы

1. Ямб Э. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна / Э. Ямб, Ф. Нгапге, А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 43-46.
2. Ямб Э. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента / Э. Ямб, Ж. Чему, В.С. Лесовик [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27-33.
3. Володченко А.Н. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко, Е.И. Ходыкин, В.В. Строкова // Технологии бетонов. 2013. № 6 (83). С. 40-41.
4. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 13-16.
5. Володченко А.Н. Разработка состава теплоизоляционных материалов автоклавного твердения на основе глинистого сырья / А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 162-167.
6. Володченко А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород архангельской алмазодобывающей провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2006. № 3 (135). С. 67-70.
7. Володченко А.Н. Влияние парагенезиса «кварц-глинистые минералы» на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко, В.М. Воронцов, Г.Г. Голиков // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 10. С. 57-60.
8. Володченко А.Н. Разработка научных основ производства силикатных автоклавных материалов с использованием глинистого сырья / А.Н. Володченко, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 25-31.
9. Володченко А.Н. К вопросу комплексного использования сырья для производства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 7-1. С. 9-13.
10. Володченко А.Н. Повышение эффективности силикатных ячеистых материалов автоклавного твердения / А.Н. Володченко, В.В. Строкова // Вестник СВФУ им. М. К. Аммосова. 2017. № 2 (58). С. 60-69.
11. Володченко А.Н. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко [и др.] // Бетон и железобетон. 2006. № 6. С. 16-18.
12. Volodchenko A.A. Peculiarities of non-autoclaved lime wall materials production using clays / A.A. Volodchenko, V.S. Lesovik, I.A. Cherepanova [et al.] // Materials Science and Engineering. 2018. Pp. 022021.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОСА ТЭЦ

Истерин Е.В.<sup>1</sup>, Столбоушкин А.Ю.<sup>1</sup>, Фомина О.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия)

<sup>2</sup>(ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук», г. Москва, Россия)

*Показана актуальность применения техногенного сырья для производства строительных материалов и изделий в связи с сокращением запасов природных сырьевых ресурсов и интенсивным накоплением минеральных промышленных отходов. Приведен разработанный способ приготовления керамических образцов с учетом особенностей золы-уноса. Представлена структура керамических матричных композитов, изготовленных из зольных гранул, покрытых легкоплавкой оболочкой.*

Важным стратегическим направлением развития современного производства строительных материалов является использование техногенных отходов в качестве основного сырья [1]. Это связано, прежде всего, как с уменьшением запасов природных ресурсов, так и интенсивным увеличением количества минеральных промышленных отходов [2].

С середины прошлого века мировое научное сообщество занимается разработкой различных строительных материалов и изделий, которые производятся с использованием отходов и побочных продуктов промышленного производства. Кроме того, проводятся исследования отходов добычи и переработки углеводородов с целью использования их в качестве техногенного сырья для производства керамических материалов [3-5]. Продолжением таких исследований может быть создание керамических строительных материалов с матричной структурой [6].

На примере золы-уноса тепловых электростанций авторами проводятся исследования по созданию керамических матричных композитов. Особенность работы заключается в создании агрегированных комплексов, состоящих из гранул на основе зольных отходов и оболочки гранул из легкоплавких спекающихся материалов. При этом учитываются адгезионные свойства сырьевых материалов и их способность к окомкованию.

Цель работы заключается в исследовании структуры полученных керамических образцов на основе золы-уноса ТЭЦ.

В настоящей работе в качестве основных объектов исследования были использованы зола-уноса Западно-Сибирской ТЭЦ (Новокузнецк, Кемеровская область – Кузбасс) и местное природное глинистое сырье (Абагурский суглинок, Новокузнецкий район).

При проведении экспериментальных исследований за основу был взят разработанный ранее авторами способ приготовления керамических образцов [7]. С учетом особенностей золы-уноса образцы-цилиндры диаметром

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

40 и высотой 35-45 мм изготавливались следующим способом:

- в непластичный зольный компонент вводился водный раствор технологической связки и методом экструзии формировались сырцовые агрегаты;
- на поверхность сформированных зольных гранул наносился слой легкоплавкого компонента на основе природного глинистого сырья;
- из гранул влажностью 12-13 %, покрытых оболочкой, методом компрессионного формования прессовались образцы при давлении 15 МПа;
- предварительно высушенные до постоянной массы образцы подвергались обжигу в муфельной печи при температуре 1050 °С.

Вертикальное сечение по диаметру обожженных образцов представлено на рис. 1. На макроуровне наблюдается выраженная матричная структура керамики (рис. 1, а).

При большем увеличении вокруг ядер (поз. 2, рис. 1, б) можно выделить дисперсионную среду (матрицу) более светлого цвета (поз. 1, рис. 1, б). При детальном изучении видна выраженная мелкозернистая структура ядер с отдельными обособлениями темного цвета.

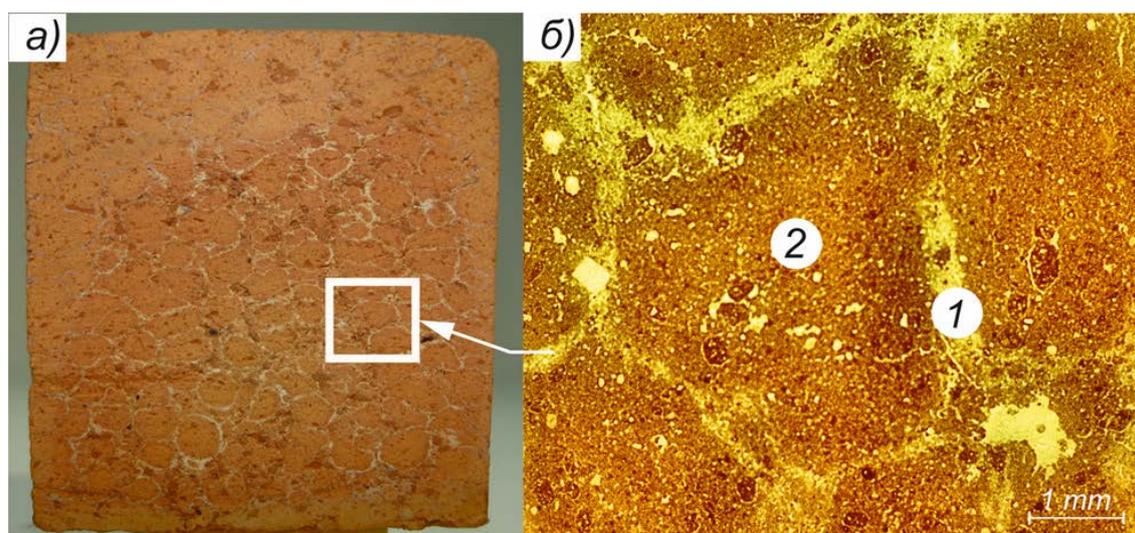


Рис. 1. Структура керамических матричных композитов, полученных путем прессования и обжига зольных гранул, опудренных тонким слоем дисперсной глины: а – макроструктура образца; б – микроструктура в проходящем свете, шлиф,  $\times 10$ , николи II: 1 – дисперсионная среда (матрица); 2 – дисперсная фаза (ядро)

Лабораторные испытания керамических образцов с матричной структурой показали, что они имеют сопоставимые характеристики по прочности (15-20 МПа) по сравнению с образцами, изготовленными обычным способом полусухого прессования. При этом в гранулированной шихте содержание золы-уноса составляло 60-75 %, в то время как в «обычных» керамических образцах ее количество не превышало 30 % по массе. В качестве положительного момента следует отметить уменьшение средней плотности у образцов с матричной структурой. На предварительном этапе исследований ее снижение составило 12-

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

15 %, что в перспективе, при использовании зольной микросферы, может улучшить эффективность керамических стеновых материалов, вплоть до класса условно эффективных изделий согласно ГОСТ 530-2012.

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что предложенный авторами способ приготовления гранулированных шихт с учетом состава и свойств техногенных сырьевых материалов обеспечивает формирование керамических матричных композитов с требуемыми эксплуатационными свойствами и позволяет использовать до 60-70 мас. % промышленных отходов в составе керамических шихт.

Исследования структуры керамических образцов показали, что из спрессованных агрегированных комплексов в процессе спекания формируется композит с пространственно-организованной дисперсионной средой (матрица) на основе оболочки гранул, связывающей между собой ядра (дисперсная фаза) из обожженных гранул.

### Список литературы

1. Чернышов Е.М. К проблеме развития исследований и разработок в области материаловедения и высоких строительных технологий: основные акценты / Е.М. Чернышов // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии: матер. XV академических чтений РААСН – междунар. науч.-техн. конф. (Казань, 14-17 апреля 2010 г.). Казань: КГАСУ. 2010. С. 8-9.
2. Рахимов Р.З. Топливо-энергетический комплекс, экология и минеральные вяжущие вещества / Р.З. Рахимов // Известия КГАСУ. 2022. № 3. С. 67-74.
3. Котляр В.Д. Силикатный кирпич на основе зольных микросфер и извести / В.Д. Котляр, А.В. Козлов, О.И. Животков [и др.] // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 17-21.
4. Сайбулатов С.Ж. Внедрение производства золокерамических стеновых материалов на ОАО «Тольяттинский кирпичный завод» / С.Ж. Сайбулатов // Строительные материалы. 2002. № 1. С. 2-3.
5. Овчаренко Г.И. Особенности технологии силикатного кирпича из высококальциевых зол ТЭЦ / Г.И. Овчаренко, Ю.Ю. Фомичев, В.Б. Францен // Труды НГАСУ (Сибстрин). 2012. № 2. С. 124-127.
6. Столбоушкин А.Ю. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 19-23.
7. Способ изготовления стеновых керамических изделий: пат. 2593832 Рос. Федерация. № 2015121962/03 / А.И. Иванов, А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко; заявл. 08.06.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМ ПРИРОДНЫМ СИЛИКАТОМ КАЛЬЦИЯ

Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Романова Е.Р., Панфилова А.А.,  
Шкодина А.М., Тимакова Е.И.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Разработана эффективная добавка высокодисперсного природного силиката кальция состава, оптимизированного посредством запатентованного компьютерного алгоритма поиска экстремальных значений координат массива *Extr.sce* и *Interp.sce*, изготавливаемая методом ультразвукового диспергирования в водном растворе, и способствующая получению изделий из мелкозернистого бетона с морозостойкостью F500, при ее содержании в количестве 10 % от массы цемента. Установлено, что структура основных образцов модифицированного мелкозернистого бетона, прошедшего испытание на морозостойкость, в отличие от контрольных, характеризуется целостным однородным строением с наличием незначительных трещин или их отсутствием, а так же плотным срастанием цементной матрицы с заполнителем.*

В настоящее время в условиях современного строительства предъявляются повышенные требования к обеспечению долговечности строительных материалов изделий и конструкций. Наиболее важной ее характеристикой относительно климатических особенностей нашей страны является морозостойкость, которая зависит от качества применяемых исходных материалов, соблюдения технологических режимов и особенностей производства, а также воздействия различных эксплуатационных факторов.

Цель работы заключается в исследовании морозостойкости мелкозернистого бетона, модифицированного высокодисперсной добавкой волластонита.

Волластонит представляет собой минерал из класса силикатов, природный силикат кальция с химической формулой  $Ca_3(Si_3O_9)$ .

Высокодисперсную добавку получали методом ультразвукового диспергирования (УЗД) природного силиката кальция с размером частиц 6,5 мкм в водном растворе стабилизаторов на основе эфира поликарбоксилата «Модификатор М» и анионного поверхностно-активного вещества (ПАВ) нафталин-формальдегидного типа «С-3» [1-4].

С этой целью изготавливали добавку двух составов, оптимизированных с помощью запатентованного компьютерного алгоритма поиска экстремальных значений координат массива *Extr.sce* и *Interp.sce* на базе среды инженерных и научных вычислений Scilab [5, 6]. Программа *Extr.sce* представляет собой компьютерный код, интегрированный в среду Scilab, направленный на решение

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

оптимизационных задач посредством алгоритма поиска максимальных элементов массива интерполяционных данных с получением их координат [7]. Программа Interp.sce предназначена для поиска максимальных элементов с получением координат уточняющей модели, соответствующих массовой концентрации искомой композиционной составляющей [8]. Выполнение оптимизационной задачи реализуется при условии стабилизации природного силиката кальция эфиром поликарбосилата, что обеспечивает получение наиболее эффективных выходных параметров мелкозернистого бетона (МЗБ) в присутствии высокодисперсного волластонита со временем ультразвуковой обработки 5 минут. Оптимальные составы суспензий, стабилизированных С-3 и Модификатором М, вводили в бетонную смесь совместно с водой затворения в количестве 10 % от массы цемента ЦЕМ II/A–III 42,5Н.

Образцы мелкозернистого бетона размером 100×100×100 мм в соответствии с ГОСТ 10060 испытывались на морозостойкость с применением второго ускоренного метода определения. Результаты обработки полученных данных представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели обработки результатов испытаний образцов МЗБ, модифицированного высокодисперсной добавкой волластонита, стабилизированной С-3

Показатель	Значение показателя	
	Контрольные образцы	Основные образцы
$X'_{cp}$ , МПа	40,12	–
$\sigma'_{cp}$ , МПа	11,88	–
$X''_{cp}$ , МПа	–	50,85
$\sigma''_{cp}$ , МПа	–	10,03
$V$ , %	29,5	20
$X'_{min}$ , МПа	9,59	–
$X''_{min}$ , МПа	–	25,04
$0,9X'_{min}$ , МПа	8,63	–

Таблица 2 – Показатели обработки результатов испытаний образцов МЗБ, модифицированного высокодисперсной добавкой волластонита, стабилизированной Модификатором М

Показатель	Значение показателя	
	Контрольные образцы	Основные образцы
$X'_{cp}$ , МПа	43,86	–
$\sigma'_{cp}$ , МПа	7,83	–
$X''_{cp}$ , МПа	–	61,51
$\sigma''_{cp}$ , МПа	–	9,61
$V$ , %	17,5	15,5
$X'_{min}$ , МПа	23,74	–
$X''_{min}$ , МПа	–	36,81
$0,9X'_{min}$ , МПа	21,36	–

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Образцы считают выдержавшими испытание на морозостойкость, если соблюдается соотношение:

$$X''_{\min} \geq 0,9 X'_{\min}. \quad (1)$$

В ходе работы основные образцы модифицированного МЗБ были испытаны через 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания, при этом признаков появления трещин, сколов и шелушения ребер не наблюдалось. Согласно табл. 4 ГОСТ 10060 установлено соотношение между числом циклов и маркой бетона по морозостойкости, которая составила F500. Стоит отметить, что после окончания испытания прочность при сжатии основных образцов мелкозернистого бетона оказалась в 1,3 выше относительно контрольных, в присутствии добавки высокодисперсного силиката кальция, стабилизированного нафталин-формальдегидным стабилизатором, и в 1,4 раза, при использовании стабилизатора на основе эфира поликарбоната.

Данные об исследовании контрольного (немодифицированного) состава не представлены, поскольку образование вышеуказанных дефектов, не позволяющих продолжать дальнейшие испытания, отмечалось менее чем через 75 циклов.

Методом сканирующей электронной микроскопии изучена структура МЗБ, прошедшего испытание на морозостойкость (рис. 1).

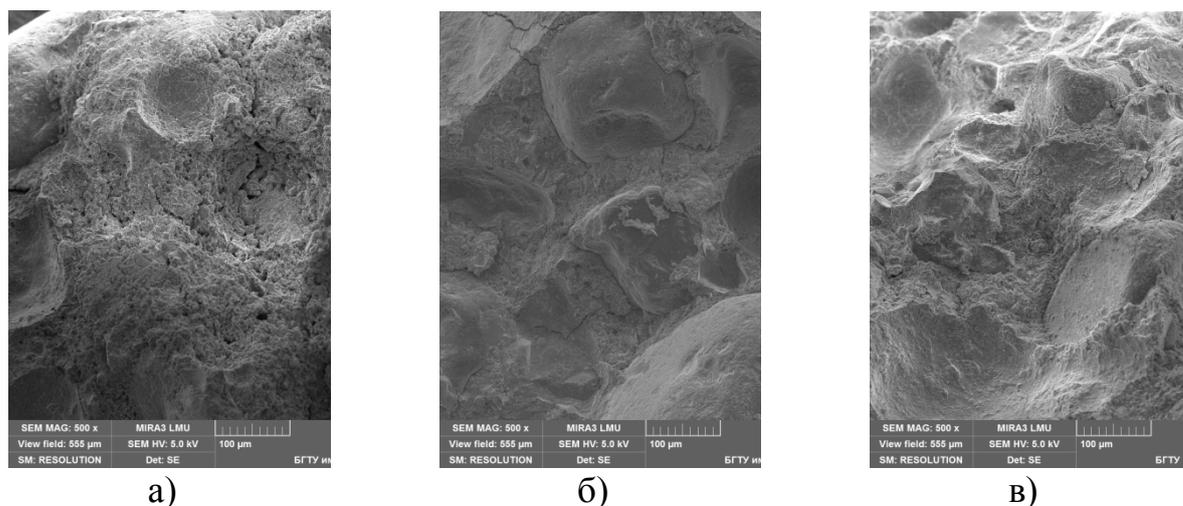


Рисунок 1 – Микроструктура основных образцов мелкозернистого бетона (увеличение 500×): а – контрольный; б – модифицированный добавкой, стабилизированной С-3; в – модифицированный добавкой, стабилизированной Модификатором М

Выявлено, что мелкозернистый бетон контрольного состава имеет рыхлую дефектную структуру, характеризующуюся порами и микрокапиллярами, образующими микротрещины, которые находятся в стадии раскрытия. В то же время МЗБ, модифицированный высокодисперсной добавкой силиката кальция, отличается целостным однородным строением с наличием незначительных трещин, при условии ее стабилизации с помощью ПАВ С-3, или их отсутствием, при стабилизации Модификатором-М, а так же плотным срастанием цементной матрицы с заполнителем.

Заключение

Таким образом, разработана высокодисперсная добавка природного силиката кальция, способствующая повышению морозостойкости изделий из мелкозернистого бетона. Введение в бетонную смесь совместно с водой затворения 10 % от массы цемента ЦЕМ II/A–III 42,5Н добавки состава волластонит и стабилизатор Модификатор М при времени УЗД 5 минут, позволяет получить МЗБ морозостойкостью F500.

Список литературы

1. Lukuttsova N.P. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukuttsova, E.G. Karpikov, S.N. Golovin // Solid State Phenomena. 2018. Vol. 284. Pp. 1005-1011.
2. Karpikov E.G. Effective Highly Dispersed Additive for Concretes on the Basis of Natural Mineral Raw Materials / E.G. Karpikov, N.P. Lukuttsova, E.A. Bondarenko // FarEastCon – Materials and Construction: Materials International Scientific Conference «FarEastCon». 2019. Vol. 992. Pp. 168-172.
3. Karpikov E.G. Effective Fine Concrete Modified with a Highly Dispersed Wollastonite-Based Additive / E.G. Karpikov, N.P. Lukuttsova, T.P. Blagoder [et al.] // FarEastCon – Materials and Construction III: Materials International Scientific Conference «FarEastCon». 2020. Vol. 887. Pp. 422-427.
4. Karpikov E.G. Effective fine concrete modified with a highly dispersed wollastonite-based additive / E.G. Karpikov, N.P. Lukuttsova, T.P. Blagoder [et al.] // Key Engineering Materials. 2021. Vol. 887. Pp. 422-427.
5. Лукутцова Н.П. Оптимизация состава добавки стабилизированного высокодисперсного волластонита с использованием компьютерного алгоритма поиска экстремумов / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков, Е.Ю. Горностаева [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 5. С. 9-18.
6. Карпиков Е.Г. Экстремальное моделирование оптимального состава и содержания микронаполнителя в бетоне / Е.Г. Карпиков, В.С. Янченко, Е.Л. Королева [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11 (731). С. 9-12.
7. Программа моделирования экспериментальных данных Extr.sce: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018616850 / Карпиков Е.Г., Янченко В.С., Лукутцова Н.П., Головин С.Н.; заявл. 25.04 2018; опубл. 07.06.2018. 1 с.
8. Программа моделирования экспериментальных данных Interp.sce: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018616851 / Карпиков Е.Г., Янченко В.С., Лукутцова Н.П., Головин С.Н.; заявл. 25.04 2018; опубл. 07.06.2018. 1 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ВЫСОКОДИСПЕРСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В УСЛОВИЯХ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ И МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Карпиков Е.Г.<sup>1</sup>, Романов Н.К.<sup>2</sup>, Романова Е.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

<sup>2</sup>(ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум», г. Брянск, Россия)

*В работе изучены размерные параметры частиц высокодисперсной целлюлозы, предназначенной для модификации полимерных строительных материалов и полученной посредством окислительной деструкции в среде уксусной кислоты, а также механохимическим синтезом с применением дигидроксотетрааммиаката меди (II). Методом спектрофотометрии при различных концентрациях определены мутности исследуемых золь. В рамках теории светорассеяния дисперсных систем К.С. Шифрина рассчитаны их характеристические мутности. Установлено, что в условиях механохимического синтеза средний размер частиц целлюлозы составляет 70 нм, при этом окислительная деструкция  $\text{CH}_3\text{COOH}$  позволяет получить частицы более 165 нм.*

Высокодисперсная целлюлоза является высокотехнологичным материалом, обладающим широкими перспективами применения в различных отраслях промышленности. Вместе с тем выделяется достаточно существенный положительный эффект от ее использования в качестве модифицирующего компонента в производстве полимерных композитов [1]. При этом важным фактором, определяющим ключевые физические свойства такого модификатора, является размер его частиц.

В связи со сложной морфологией и малыми размерами высокодисперсной целлюлозы седиментационный анализ ее частиц затруднён и требует сложного оборудования [2], поэтому изучение оптических свойств представляет собой наиболее надёжный способ определения их размерных параметров. В ходе работы выполнялось исследование оптической плотности суспензий целлюлозы различной концентрации с помощью спектрофотометра «Esoview УФ-1200».

Как известно, если размеры частиц высокодисперсной целлюлозы превышают  $1/10$  длины волны видимого света, их оптические свойства не отвечают области определения уравнения Рэлея. В связи с этим определение размерных параметров дисперсной фазы золь основано на уравнении Геллера (1), допускающем анализ частиц, диаметр которых не превышает  $1/3$  длины волны оптического излучения, а образуемый целлюлозой золь также может считаться монодисперсным и белым, то есть не поглощающим излучения данной длины волны.

$$D_\lambda = K\lambda^{-n}, \quad (1)$$

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

где  $k$  – константа уравнения (не зависит от длины волны);

$D$  – оптическая плотность раствора, abs;

$\lambda$  – длина волны падающего света, нм;

$n$  – размеропределяющий параметр.

Для нахождения значений параметров, указанных в уравнении (1), применён метод характеристической мутности, предложенный К.С. Шифриным [3], согласно которому интенсивность света, рассеянного дисперсией, определяется безразмерными параметрами преломления  $\alpha$  (2) и размерным  $z$  (3). В рамках данной теории уравнению (4) отвечает мутность системы  $\tau$ , которая может быть вычислена из оптической плотности исследуемого раствора (5):

$$\alpha = \frac{3}{4\pi} \left( \frac{\left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 - 1}{\left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 + 2} \right); \quad (2)$$

$$z = \frac{8\pi r}{\lambda}; \quad (3)$$

$$\tau = k' \cdot \frac{C_0}{r} \cdot z^n; \quad (4)$$

$$\tau = \frac{\ln(10) \cdot D}{l}, \quad (5)$$

где  $n_1$  – показатель преломления дисперсной фазы;

$n_0$  – показатель преломления дисперсионной среды;

$r$  – радиус частиц, см;

$\lambda$  – длина волны, см;

$k'$  – константа уравнения;

$C_0$  – объемная концентрация частиц;

$r$  – радиус частиц, см;

$l$  – толщина кюветы, см.

Характеристической мутностью  $\tau'$  называют теоретическое отношение мутности бесконечно разбавленной коллоидной системы к объёмной концентрации частиц в ней, то есть  $\frac{\tau}{C_{об}}$  при  $C_{об} \rightarrow 0$ .

$$\tau' = \frac{\alpha^2 \cdot f(z)}{\lambda}, \quad (6)$$

где  $f(z)$  – функция параметра  $z$ .

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

В ходе работы исследованы золи высокодисперсной целлюлозы, полученные комбинированным механохимическим методом [4] вследствие разложения целлюлозосодержащего сырья в растворе дигидроксотетрааммиаката меди (II)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  с последующим его подкислением и ультразвуковой обработкой осадка, а также методом окислительной деструкции в среде ледяной уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{конц}}$ ) [5]. Изготовленные растворы, содержащие 5,96 % и 4,46 % дисперсной фазы по объёму соответственно, были разбавлены в 5, 7, 10, 15, 20 раз, в то время как оптические плотности полученных дисперсных систем составили от 0,1 до 1,0.

Согласно уравнению (2) рассчитан параметр преломления  $\alpha$ , значение которого для частиц целлюлозы равно 0,01642, при этом показатель преломления воды  $n_0$  принят 1,33, а показатель преломления целлюлозы  $n_1 - 1,47$  [6]. Методом линейной интерполяции с помощью электронной таблицы MS Excel на основании эмпирических данных, связывающих  $f(z)$  с  $z$  [7, 8], определена следующая зависимость:

$$f(z) = 90,86 - 196,92z \quad (7)$$

Для исходных и разбавленных коллоидных систем определены оптические плотности при длинах волн от 500 до 700 нм, соответствующих минимальному поглощению целлюлозы в видимом спектре (рис. 1). По полученным данным из уравнений (5-7), вычислены оптические параметры золь, методом линейной экстраполяции определены их характеристические мутности (табл. 1, 2). Согласно уравнению (3) определён средний радиус частиц в исследуемых коллоидных системах. Наблюдавшиеся расхождения в оценке размерных параметров при указанном диапазоне длин волн обусловлены различием оптических свойств частиц в разных спектрах излучения.

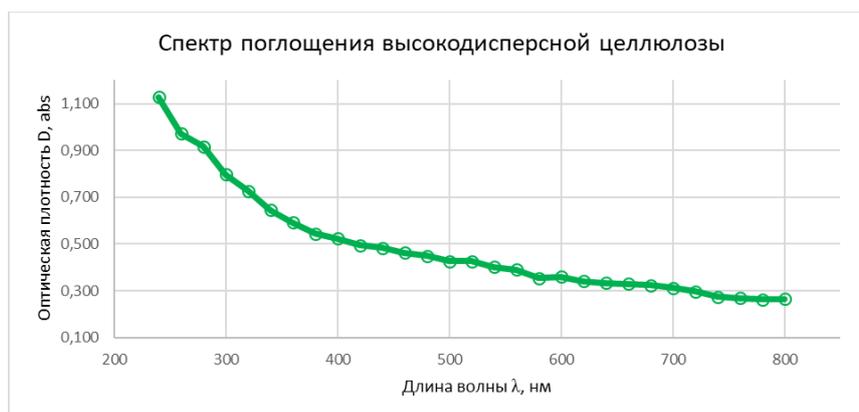


Рис. 1. Поглощение высокодисперсной целлюлозой оптического и ближнего ультрафиолетового излучения

Таблица 1 – Параметры золя наноцеллюлозы, полученной механохимическим методом

Длина волны, нм	Характеристическая мутность, $\text{см}^{-4}$	$f(z)$	$z$	$r$ , нм
500	432,12	80,14	3,05	60,7
600	327,84	72,96	2,97	70,9
700	234,22	60,82	2,84	79,0

Таблица 2 – Параметры золя наноцеллюлозы, полученной окислительной деструкцией

Длина волны, нм	Характеристическая мутность, см <sup>-4</sup>	$f(z)$	$z$	$r$ , нм
500	2158,66	400,35	6,57	130,8
600	1745,57	420,85	6,80	175,8
700	1613,50	418,94	6,78	188,8

### Заключение

Таким образом, средний радиус частиц целлюлозы, прошедшей механохимическую обработку, составил  $(70,2 \pm 5,3)$  нм, в то время как в условиях окислительной деструкции этот показатель имел значение  $(165,1 \pm 17,6)$  нм, что доказывает эффективность использования комбинированных методов при получении высокодисперсной целлюлозы.

### Список литературы

1. Зарубина А.Н. Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор / А.Н. Зарубина [и др.] // Лесной вестник. 2019. Т. 23. №. 5. С. 116-125.
2. Mittal V., Lechner M.D. Size and density dependent sedimentation analysis of advanced nanoparticle systems / V. Mittal, M.D. Lechner // Journal of colloid and interface science. 2010. Vol. 346. Vol. 2. Pp. 378-383.
3. Шифрин К.С. Рассеяние света в мутной среде / К.С. Шифрин. Москва: URSS, 2014. 296 с.
4. Карпиков Е.Г. Получение наночастиц целлюлозы и анализ их средних размеров методом спектрофотометрии / Е.Г. Карпиков, Н.К. Романов // Актуальные вопросы техники, науки, технологии: сб. науч. трудов нац. конф. (Брянск, 9-11 февраля 2023 г.). Брянск: БГИТУ, 2023. С. 647-650.
5. Способ получения нанокристаллической целлюлозы с использованием Cu(II) катализатора: пат. 2705957 Рос. Федерация № 2019118607/10 / М.А. Торлопов, Е.В. Удоратина, А.А. Володин; заявл. 15.06.2019; опубл. 12.11.2019, Бюл. № 32. 13 с.
6. Sultanova N. Dispersion properties of optical polymers / N. Sultanova, S. Kasarova, I. Nikolov // Acta Physica Polonica. 2009. Vol. 116. Vol. 4. Pp. 585-587.
7. Слоним И.Я. Определение размера частиц по светорассеянию / И.Я. Слоним // Оптика и спектроскопия. 1960. Т. 8. №. 1. С. 98-108.
8. Волков В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы / В.А. Волков. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 672 с.

## ЭФФЕКТИВНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Клименко В.Г., Володченко А.Н.  
(ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический  
университет», г. Белгород, Россия)

*Изучено влияние тонкодисперсных добавок оксида висмута (III) на физико-механические и эксплуатационные свойства строительного гипса. Получен специальный композиционный материал на основе строительного гипса с наполнителем из тонкодисперсного оксида висмута (III), для защиты от жестких ионизирующих излучений. В композитах, содержащих оксид висмута (III), коэффициент линейного ослабления  $\gamma$ -излучения значительно превышает аналогичный показатель для гипсовых материалов. Состав и свойства таких материалов можно изменять в зависимости от требований заказчика.*

Различные источники ионизирующего излучения широко используются в различных отраслях, таких как промышленность, медицина и наука. Промышленная радиография, приборостроение, диагностика, разведка полезных ископаемых и медицинская радиография – это основные области, где применяются ионизирующие источники излучения. Они помогают эффективно бороться с дефектами промышленных изделий, диагностировать и лечить многие заболевания и многое другое [1, 2].

Опасность ионизирующего излучения заключается в том, что оно может вызывать необратимые физико-химические изменения на клеточном уровне в организме человека. Для защиты от него часто используются соединения свинца, которые эффективно поглощают радиоактивное и рентгеновское излучение, а также ослабляют фотонное излучение и подавляют  $\gamma$ -излучение, а также поглощают коротковолновое электромагнитное излучение [3].

Поскольку токсичность свинца становится все более очевидной в последние годы, развернуты обширные работы по замене свинца другими материалами [4, 5]. Одним из таких материалов может быть висмут и его соединения [6]. Чаще всего это оксид висмута (III). Висмут и его соединения имеют необычайно низкую токсичность для тяжелого металла. В природе  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  встречается в виде минерала бисмита с плотностью  $8900 \text{ кг/м}^3$ . Он не растворяется в воде, аммиаке, ацетоне; не взаимодействует со щелочами, но растворяется в кислотах [7]. Это тугоплавкие кристаллы желтого цвета тетрагональной или моноклинной формы. Оксид висмута (III) традиционно рассматривается как диамагнитное соединение. Особенностью оксида висмута (III) является то, что входящие в его состав атомы висмута не содержат незаполненных электронами d- и f-подуровней.

В связи с этим значимость исследований в области висмута и его соединений в качестве компонентов радиационно-защитных материалов не уменьшается.

Цель работы. Исследовать возможность использования оксида висмута

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

(III) в качестве наполнителя специальных композиционных гипсосодержащих материалов.

В качестве сырья в работе использовали оксид висмута (III)  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  спецификации х.ч. желтого цвета (висмутовая охра, ГОСТ 10216) – единственный устойчивый в обычных условиях оксид висмута. Рентгенограмма  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  характеризуется основными рефлексами при межплоскостных расстояниях, Å: 3,460; 3,314; 3,261; 3,187; 2,710; 2,698; 2,560; 2,392; 1,961; 1,748.

По данным лазерной гранулометрии  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (табл. 1), зависимость распределения частиц по размерам у него мономодальная, модальный диаметр частиц – 12,12 мкм, удельная поверхность – 31320  $\text{см}^2/\text{см}^3$ .

Таблица 1 – Статистические величины размера частиц наполнителя из  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  по данным лазерной дифракции

Показатель	$\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$
Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{см}^3$	31320
Модальный диаметр, мкм	12,12
$D_{10}$ , мкм	3,35
$D_{50}$ , мкм	10,35
$D_{90}$ , мкм	20,74
$D_{[4,3]}$ , мкм	11,4
Размах распределения $(D_{90}-D_{10})/D_{50}$	1,68

В качестве строительного гипса использован гипс Г-5 ООО «Унистром-Трейдинг» (Московская обл., г. Жуковский). Характеристики гипса:  $R_{сж} = 5,0$  МПа; сроки схватывания 8-13 мин;  $R_{изг} = 2,5$  МПа. Прочностные характеристики материалов определяли на образцах размером  $2 \times 2 \times 2$  см через 7 суток твердения. Нормальная плотность теста определялась по ГОСТ 23789. Перед испытаниями образцы высушивали до постоянной массы при 60 °С.

Сырьевые материалы и полученные композиты изучались с применением следующих методов исследования: рентгенофазового метода анализа на дифрактометре ДРОН-4 в диапазоне  $2\Theta = 4-56^\circ$ , растровой электронной микроскопии на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения (СЭМ) TESCAN MIRA 3 LMU, лазерной гранулометрии на приборе MicroSizer 201. Радиационно-защитные свойства оценивали по линейному и массовому коэффициентам ослабления  $\gamma$ -излучения с помощью дозиметра-радиометра ДКС-96.

Одним из способов управления адсорбцией является поверхностное модифицирование адсорбента. Наиболее заметное применение получили методы химического и физического осаждения функциональных покрытий, термической и химико-термической обработки.

Оксид висмута (III) представляет собой тонкодисперсный гидрофильный материал. Он растворяется в кислотах, не растворяется в воде, слабо взаимодействует со щелочами. Способность  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  адсорбировать на своей поверхности различные ионы, обусловлена наличием на его поверхности гидроксильных групп.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

В связи с этим сначала была исследована возможность модификации поверхности  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ , для чего его подвергали кипячению в воде, обработке растворами серной кислоты и гидроксида натрия, механоактивации.

Установлено, что кипячение в воде и обработка раствором NaOH незначительно изменяет характеристики  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ , ухудшая их. Механоактивация, также ухудшает свойства  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ . Обработка  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$  раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  несколько улучшает его физико-механические характеристики. Сделан вывод, что  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$  не нуждается в дополнительной модификации поверхности и может быть использован в качестве наполнителя при проектировании составов радиационно-защитных материалов.

Для подбора оптимальной композиции материала на основе строительного гипса и оксида висмута (III) изучены составы, содержащие от 5 до 90 мас. % добавки  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ . Водотвердое отношение (В/Т) рассчитывалось отдельно для строительного гипса и  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ . У строительного гипса оно равно 0,55, а у  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  – 0,15. С увеличением количества добавки  $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$  от 5 до 90 мас. % В/Т уменьшается с 0,55 до 0,19.

Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2.

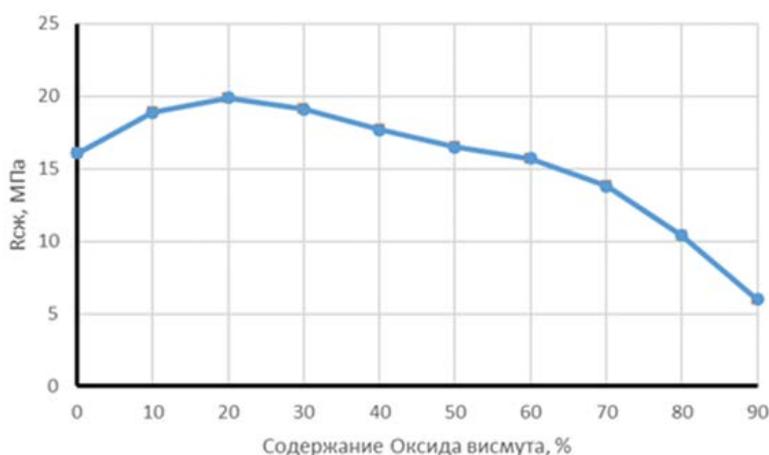


Рис. 1. Влияние добавки ОВ на прочность Г-5

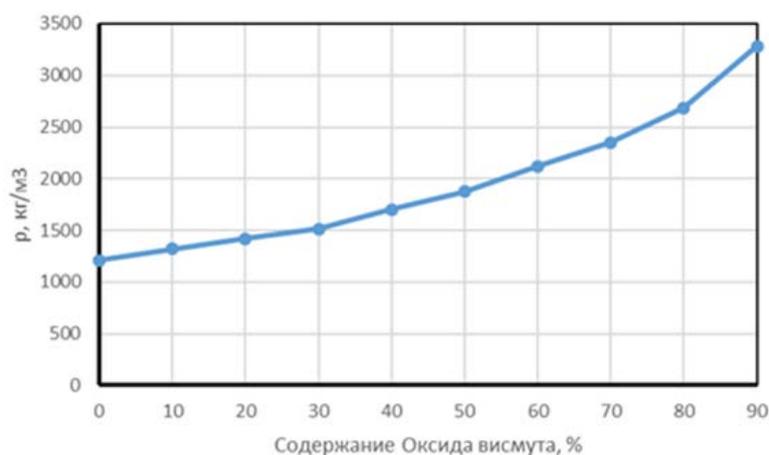


Рис. 2. Влияние добавки ОВ на плотность Г-5

Полученные данные показывают, что с увеличением количества добавки

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

$\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  до 20 мас. % механическая прочность на сжатие гипсового вяжущего увеличивается, достигая максимума, а далее уменьшается. Причем уменьшение прочности гипсового вяжущего идет с разной скоростью. При количестве добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  более 60 мас. % скорость падения прочности композиций самая большая. В связи с этим, на кривой изменения прочности можно выделить три участка, связанные с определенными процессами, происходящими в системе. Между вяжущим веществом и наполнителем возможны химические взаимодействия или различные физические структурно-текстурные процессы.

Подтверждением изменения структуры и текстуры композиций служат и данные по плотности образцов, представленные на рис. 3. На кривой изменения плотности образцов можно также выделить несколько участков: первый – в интервале количеств добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  0-30 %, второй – в интервале количеств добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  30-50 %, третий – в интервале количеств добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  50-90 %. При количестве добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  80-90 мас. % плотность образцов составляет 2700-3000  $\text{кг}/\text{м}^3$ , что в 2,5 раза больше, чем плотность чистого гипсового вяжущего.

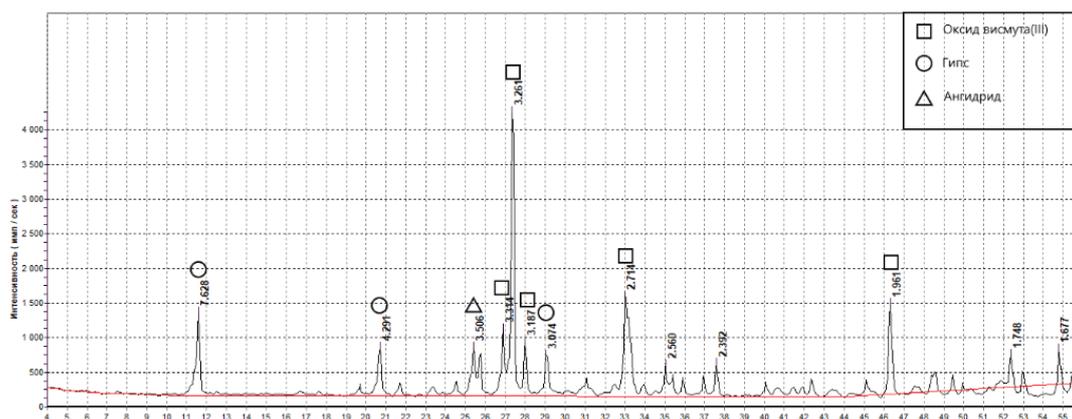


Рис. 3. Рентгеновская порошковая дифрактограмма СГОВ-60

Для анализа полученных результатов была изучена степень гидратации строительного гипса Г-5.

Установлено, с увеличением количества добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  количество гидратной воды и массовая доля гипса уменьшаются. Строительный гипс гидратируется не полностью. Негидратирующийся остаток, составляющий около 11,15 %, состоит из ангидрита, песчаных примесей и карбонатов. С увеличением добавки  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  количество негидратированной части гипса уменьшается и после количества добавки более 50 % гипса становится больше. Это можно связать с гидратацией нерастворимого ангидрита в присутствии больших добавок  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , что подтверждается результатами РФА. На дифрактограмме кроме рефлексов гипса хорошо просматриваются рефлексы нерастворимого ангидрита.

На рентгеновских порошковых дифрактограммах продуктов гидратации СГОВ-60 идентифицируются: гипс (рефлексы при межплоскостных расстояниях, Å: 7,661; 4,301; 3,809; 3,074; 2,880; 2,690); ангидрит (рефлексы при межплоскостных расстояниях, Å: 3,506; 2,876; 2,392; 1,875) и оксид висмута (III)

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

(рефлексы при межплоскостных расстояниях, Å: 3,460; 3,314; 3,261; 3,187; 2,710; 2,698; 2,560; 2,392; 1,961; 1,748). Рефлексов сульфата висмута (III) не обнаружено (рис. 3). Структура и текстура полученных композиционных материалов была изучена с помощью СЭМ в двух режимах: SE (secondary electrons) и BSE (backscattered electrons) (рис. 4).

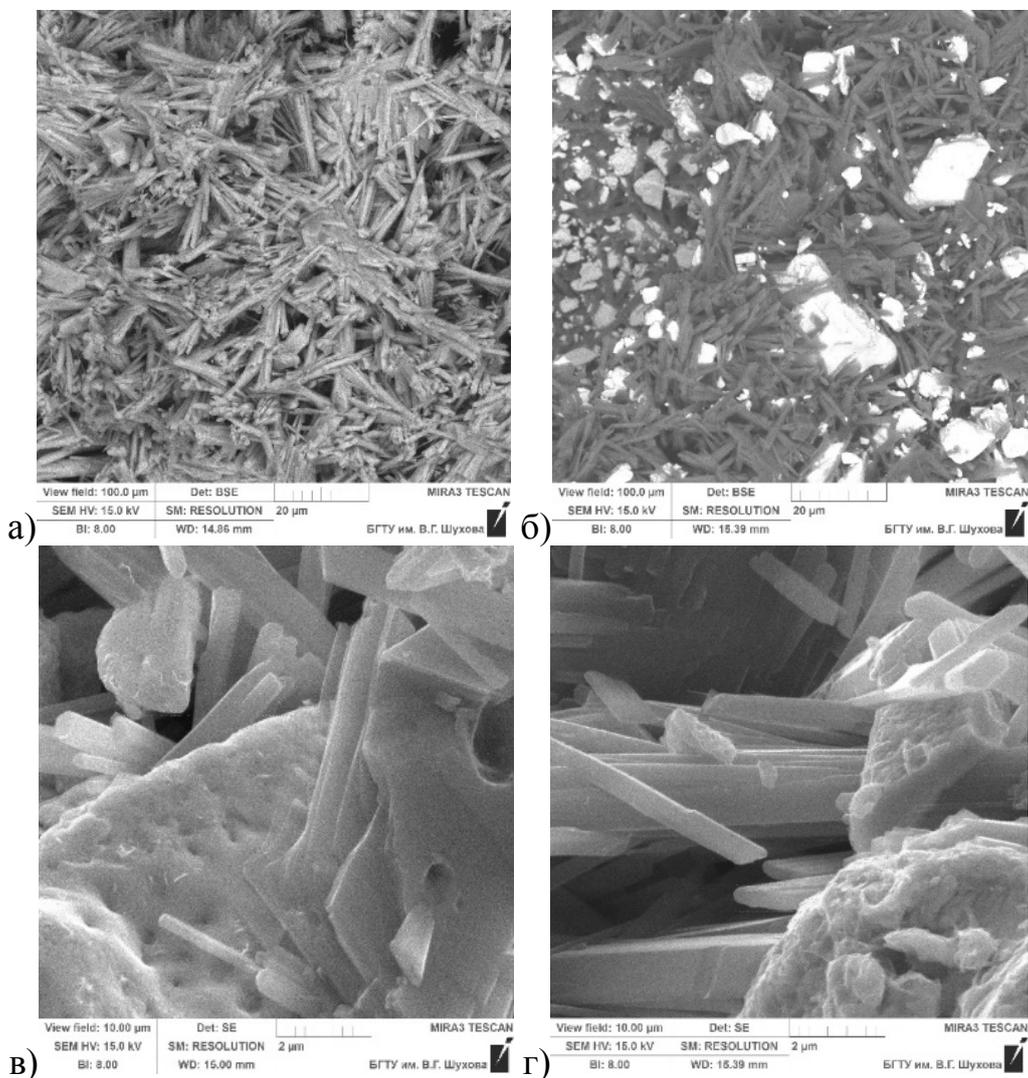


Рис. 4. Микрофотографии: а – строительный гипс (разрешение съемки 100 мкм, BSE-изображение); б – композит СГОВ-60 (разрешение съемки 100 мкм, BSE-изображение); в – композит СГОВ-60 (разрешение съемки 10 мкм, SE-изображение); г – композит СГОВ-60 (разрешение съемки 10 мкм, SE-изображение)

Продукты гидратации строительного гипса представляют собой пучки тонких удлиненных кристаллов (рис. 4, а) хаотично расположенных в пространстве со значительным количеством пустот. В присутствии оксида висмута (III) структура и текстура кристаллов гипса изменяется – образуются удлиненные призматические кристаллы гипса (рис. 4, б) сросшиеся с частицами  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (рис. 4, в, г).

Частицы оксида  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$  выступают в качестве центров кристаллизации гипса. Для определения радиационно-защитных свойств новых композиционных

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

материалов изучены образцы цилиндрической формы диаметром 30 мм и толщиной 3,7-3,8 мм, с содержанием наполнителя 60 мас. % (СГОВ-60).

Полученными исследованиями показано, что в композитах, содержащих  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , коэффициент линейного ослабления значительно превышает аналогичный показатель в случае использования строительного гипса.

### Заключение

Получен специальный композиционный материал на основе строительного гипса с наполнителем из тонкодисперсного оксида висмута (III), для защиты от жестких ионизирующих излучений. В композитах, содержащих оксид висмута (III), коэффициент линейного ослабления  $\gamma$ -излучения значительно превышает аналогичный показатель для гипсовых материалов. Состав и свойства таких материалов можно изменять в зависимости от требований заказчика. Показано, что оксид висмута (III) не нуждается в дополнительной модификации поверхности и может быть использован в качестве наполнителя без предварительной обработки. Установлено, что оксид висмута (III) изменяет текстуру и структуру гипса, образующегося при гидратации строительного гипса. Продукты гидратации строительного гипса представлены пучками тонких удлиненных призматических кристаллов гипса. В присутствии оксида висмута (III) образуются удлиненные призматические кристаллы гипса, сросшиеся с частицами наполнителя, что уплотняет структуру материала и повышает его физико-механические и радиационно-защитные свойства.

### Список литературы

1. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине 21 века. Москва: ФГУП «ЦНИИАтоминформ», 2001. 64 с.
2. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / пер. с англ. под общей ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. Москва: ООО ПКФ «Алана», 2009.
3. Гурвич А.М. Физические основы радиационного контроля и диагностики / А.М. Гурвич. Москва: Энергоиздат, 1989. 169 с.
4. Бердов Г.И. Влияние минеральных микронаполнителей на свойства строительных материалов / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина, В.Н. Зырянова [и др.] // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 79-83.
5. Завадская Л.В. Изменение свойств гипсового камня при введении дисперсных техногенных добавок / Л.В. Завадская, Г.И. Бердов, Я.С. Агалакова [и др.] // Известия вузов. Строительство. 2013. № 9. С. 23-27.
6. Юхин Ю.М., Михайлов Ю.И. Химия висмутовых соединений и материалов / Ю.М. Юхин, Ю.И. Михайлов. Новосибирск: СО РАН, 2001. 360 с.
7. Павленко В.И. Физико-химические свойства оксидов металлов и кремния / В.И. Павленко, А.Н. Володченко, В.Г. Клименко [и др.]. Белгород: БелГТАСМ, 2001. 99 с.

## ТЕРМОПРОКАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лукаш А.А., Никишова Е.Д., Малофеев В.В., Любушкин Д.В.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Предложено устройство для термопроката древесных композиционных материалов. Применение данного способа обеспечит экономию 10 % готовой продукции, теряемой при шлифовании в настоящее время.*

Как известно древесностружечные плиты, изготавливаемые из низкотоварной древесины или отходов механической обработки, обладают хорошими прочностными показателями при низкой стоимости. Вследствие этого плиты широко применяются в строительной и деревообрабатывающих отраслях. История их производства насчитывает более 60 лет и практически не изменялась. Заключительной операцией производства является шлифование готовой продукции. Шлифование производят с целью устранения снижения шероховатости поверхности. При этом потери на шлифование составляют около 10 % от готовой продукции. При годовом объеме выпуска ДСтП в нашей стране 10 млн. м<sup>3</sup> потери на шлифование составляют 8 млрд. руб., что крайне существенно. Поэтому вопросы снижения производственных затрат на шлифование актуальны и значимы.

Для снижения шероховатости при изготовлении деталей из массивной древесины применяли термопрокатные станки, обеспечивающие сглаживание поверхностных слоев при обжатии нагретыми вальцами. Этот принцип силового воздействия взят на основу снижения разнотолщинности и шероховатости поверхности при изготовлении ДСтП.

Автор [1] предлагает устройство термопрокатный станок, содержащий станину, вращающиеся прокатный и прижимной валы, последний из которых выполнен с омываемый теплоносителем – топочными газами (рис. 1).

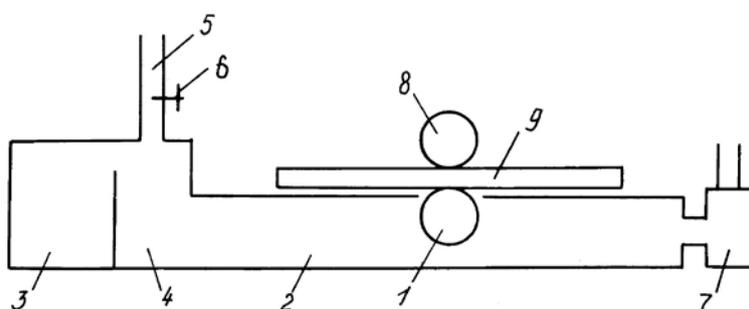


Рис. 1. Схема термопрокатного станка:

- 1 – прокатный вал с приводом; 2 – емкость с теплоносителем; 3 – топка;  
4 – теплообменник; 5 – труба; 6 – регулировочный шибер; 7 – дымосос;  
8 – прижимной вал; 9 – заготовка

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Термопрокатный станок работает следующим образом. В топку 3 загружают топливо и поджигают его. В момент розжига шибер 6 трубы 5 открыт, и дымовые газы уходят в атмосферу. При устойчивом горении топлива в топке 3 включают дымосос 7, привод прокатного вала 1 и закрывают шибер 6. Дымовые газы, побуждаемые дымососом 7, проходя через емкость 2, обмывают и нагревают прокатный вал 1. По достижении заданной температуры нагрева прокатного вала 1 приоткрывают шибер 6 трубы 5, в результате чего температура теплоносителя в емкости 2 снизится как вследствие разбавления топочных газов наружным воздухом через трубу 5 и шибер 6, так и от снижения разрежения в топке 3, что снижает интенсивность горения топлива и количество топочных газов, поступающих в теплообменник 4.

Между прокатным 1 и нажимным 8 валами пропускают обрабатываемую заготовку 9. Очистление поверхности прокатного вала 1 от налипающей смолы, опилок и тому подобного происходит путем обгорания в потоке теплоносителя. Газы, выделяющиеся в месте контакта нагретого прокатного вала 1 с обрабатываемой заготовкой 9, отсасываются во внутрь камеры 2 через зазор между вращающимся прокатным валом 1 и стенкой камеры 2 под действием разрежения, создаваемого дымососом 7. Недостатком устройства является необходимость герметизации прокатного вала и его постоянная очистка от налипших сгоревших частиц, что усложняет и удорожает конструкцию.

В исследованиях [2] предложен способ (рис. 2), согласно которому древесно-стружечная плита в непрерывном цикле подается между вращающимися в двух взаимно перпендикулярных направлениях, многозаходных винтовых валиков, снимающих с поверхности припуск, с последующим выравниванием поверхности плиты цилиндрической кромкой этих валиков при угловой скорости  $300-600 \text{ с}^{-1}$  и температуре вала  $250-300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

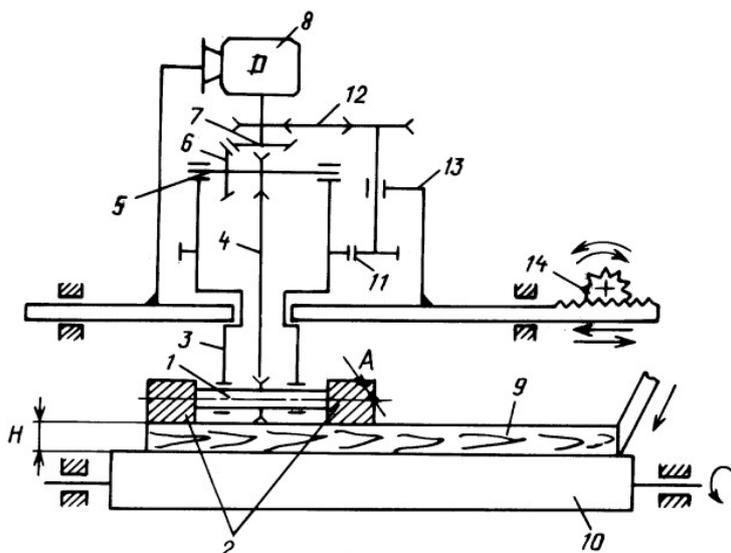


Рис. 2. Устройство для снижения разнотолщинности плит:  
1, 5 – вал; 2 – многозаходные винтовые валики; 3 – опорный стакан;  
4 – ременная передача; 6, 7 – конические колеса; 8 – вал двигателя;  
9, 12 – обрабатываемая плита; 10 – опорные вальцы; 13 – станина;  
14 – реечный привод

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Недостатком данного способа снижения шероховатости и разнотолщинности древесно-стружечных плит является техническая сложность изготовления оборудования и реализации данного способа.

Предлагается более простой способ термопрокатного устройства. В термопрокатном станке, содержащем станину, вращающиеся прокатные и прижимные валы, прижимные валы выполнены с частотой вращения, превосходящей частоту вращения прокатных валов для обеспечения нагрева и сглаживания поверхности древесных материалов. На рис. 3 показана схема термопрокатного станка.

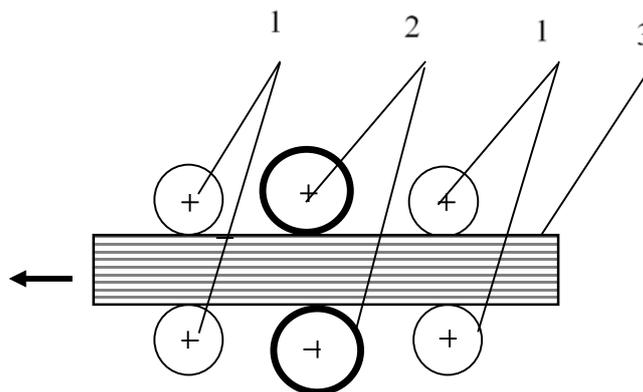


Рис. 3. Схема термопрокатного станка:

1 – прокатные вальцы; 2 – прижимные вальцы; 3 – обрабатываемый материал

Вращающиеся прокатные валы 1 обеспечивают подачу в обработку древесных материалов 3. Прижимные валы 2 вращаются с частотой вращения, превосходящей частоту вращения прокатных валов 1. Трение скольжения прижимных валов 2 по обрабатываемой поверхности древесных материалов 3 обеспечивает нагрев и сглаживание поверхности древесного композита.

### Заключение

Таким образом, применение термопроката вместо шлифования обеспечит экономию 10 % выпускаемых готовых древесностружечных плит.

### Список литературы

1. Термопрокатный станок: пат. 2261172 Рос. Федерация. № 2001116472/12 / М.А. Паюсов; заявл. 13.06.2001; опубл. 09.27.2005, Бюл. № 26.
2. Цаплин П.В. Теоретические предпосылки метода расчёта технологии термосилового воздействия на поверхность древесных композиционных плит / П.В. Цаплин, С.П. Ереско, Ю.Д. Алашкевич // Хвойные бореальной зоны. 2015. № 1-2. С. 78-81.

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСИ ДЛЯ КРУПНОПОРИСТОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Башарин Е.С., Клевцов О.В.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Представлен способ получения смеси для крупнопористого керамзитобетона, применяемого в малоэтажном и коттеджном строительстве для производства мелкоштучных конструктивно-теплоизоляционных стеновых изделий.*

Крупнопористый керамзитобетон (КПКБ) представляет собой беспесчаный композиционный материал, в котором керамзитовый гравий (КГ) скреплен тонким слоем цементного камня (ЦК), не заполняющего межзерновые пустоты заполнителя. В связи с этим, структура КПКБ характеризуется зернистым строением и открытой непрерывной (сквозной) пористостью, что приводит к снижению его средней плотности и коэффициента теплопроводности, по сравнению с обычными легкими бетонами. КПКБ имеет перед ними преимущество по теплотехническим характеристикам, однако обладает пониженной прочностью на сжатие (0,5-5 МПа) [1, 2].

Основными факторами, определяющими возможность повышения прочностных характеристик КПКБ, являются:

1) уплотнение и упрочнение цементного камня, в том числе в зоне контакта с КГ, за счет:

- регулирования фазового состава и пористости ЦК микро- и нанодисперсными добавками, получаемыми путем активации силикатного, алюмосиликатного, углерод-силикатного, кальций-магний-силикатного и другого природного и техногенного сырья;

- снижения водоцементного отношения (В/Ц) путем использования пластификаторов на основе поликарбоксилатов, полиакрилатов, сульфомеламиновых и сульфонафталиновых формальдегидов и др.;

2) повышение адгезии ЦК с керамзитовым гравием путем:

- создания «оптимального» рельефа поверхности КГ, которого можно достичь за счет увеличения свободной поверхностной энергии, например, в результате механохимической обработки, воздействия электрического и магнитного полей, травления кислотными или щелочными растворами и др.;

- использования тщательно перемешанных и уплотненных малоподвижных и жестких керамзитобетонных смесей, у которых практически полностью отсутствует водоотделение;

- введения предварительно увлажненного КГ, что позволяет исключить его влагообмен с цементным тестом в смесях с низким В/Ц и минимизировать риск трещинообразования КПКБ в раннем возрасте, вызванного аутогенной усадкой.

Целью данной работы является разработка способа получения смеси для КПКБ, обеспечивающего повышенную адгезионную прочность между

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

керамзитовым гравием и цементным камнем, повышенную прочность на сжатие и пониженное водопоглощение КПКБ.

Поставленная цель достигается за счет того, что способ получения смеси для крупнопористого керамзитобетона включает в себя смешивание:

- портландцемента (ПЦ) типа ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108 с удельной поверхностью 340 м<sup>2</sup>/кг и нормальной густотой цементного теста 24 %;
- кавитационно-обработанного керамзитового гравия (КОКГ), полученного воздействием ультразвуком на керамзитовый гравий фракции 10-20 мм, марки по насыпной плотности М350, марки по прочности П50 с водопоглощением по массе 14 %;
- комплексной нанодисперсной добавки (КНД) с частицами размером 20-80 нм, синтезированной сонохимическим способом в виде водной суспензии с концентрацией твердой фазы 3 %, содержащей (по массе) 65 % метаксаолина марки ВМК-45 и 35 % суперпластификатора С-3 [3];
- питьевой воды.

Смесь для КПКБ готовится в следующей последовательности: получение в течение 7 мин КНД и 3 мин КОКГ; смешивание в течение 3 мин ПЦ с КНД и частью воды затворения до получения цементного теста (ЦТ) нормальной густоты; смешивание в течение 1,5 мин модифицированного ЦТ с КОКГ [4] (табл. 1).

Таблица 1 – Составы смесей для крупнопористого керамзитобетона

№ состава	Состав смеси, мас. %			
	ПЦ	КОКГ	КНД	Вода
1 (контрольный)	27,1	62,4	-	10,6
2	25,4	62,4	2	10,2
3	27,1	62,4	2,2	8,3
4	28,7	62,4	2,3	6,6

Таблица 2 – Свойства крупнопористого керамзитобетона

№	Наименование показателей	Величина			
		состав № 1	состав № 2	состав № 3	состав № 4
1	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	780	780	775	786
2	Адгезионная прочность через 28 суток, МПа	0,23	0,34	0,52	0,96
3	Прочность на сжатие через 28 суток, МПа	2,80	2,91	4,78	6,13
4	Класс бетона по прочности на сжатие	В2	В2	В3,5	В5
5	Водопоглощение, %	12,5	12,3	11,8	10,7

Из данных табл. 2 следует, что, по сравнению с контрольным составом №1, предлагаемый способ получения смеси для крупнопористого керамзитобетона позволяет:

- повысить адгезионную прочность между керамзитовым гравием и цементным камнем в 1,5, 2,3 и 4,2 раза при соотношениях цемента к керамзиту 1:2,46 (состав № 2), 1:2,3 (состав № 3) и 1:2,17 (состав № 4) соответственно;
- повысить прочность на сжатие КПКБ в 1,7 раза (состав № 3) и в 2,2 раза

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

(состав № 4) при незначительном изменении средней плотности;

- снизить водопоглощение КПКБ на 5,6 % (состав № 3) и на 14,4 % (состав № 4), расход цемента на 6 % без снижения класса КПКБ по прочности на сжатие (состав № 2).

Повышение адгезионной прочности между керамзитовым гравием и цементным камнем и прочности на сжатие КПКБ достигается: увеличением шероховатости поверхности керамзитового гравия в результате ультразвуковой обработки в воде; улучшением смачивания обработанного керамзита модифицированным цементным тестом; направленным воздействием наночастиц добавки на формирование структуры цементного камня в зоне контакта с керамзитом, связанным с дополнительным образованием упрочняющих кристаллических сростков, идентичных гидросиликатам, гидроалюминатам кальция, эттрингиту и способствующих уплотнению цементной матрицы [5].

### Заключение

Разработан способ получения смеси для крупнопористого керамзитобетона, применяемого в малоэтажном и коттеджном строительстве для производства мелкоштучных конструкционно-теплоизоляционных стеновых изделий, включающий смешивание портландцемента, кавитационно-обработанного керамзитового гравия, комплексной нанодисперсной добавки, питьевой воды и обеспечивающий повышенную адгезионную прочность между керамзитовым гравием и цементным камнем, повышенную прочность на сжатие и пониженное водопоглощение КПКБ.

### Список литературы

1. Максимова И.Н. Строительное материаловедение конструкционных легких бетонов / И.Н. Максимова, Н.И. Макридин. Пенза: ПГУАС, 2014. 204 с.
2. Пыкин А.А. Повышение эффективности крупнопористого керамзитобетона нанодисперсными добавками / А.А. Пыкин, С.В. Васюнина, А.А. Калугин [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 20-23.
3. Способ изготовления комплексной нанодисперсной добавки для высокопрочного бетона: пат. 2563264 Рос. Федерация. № 2014131704/03 / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, А.В. Суглобов; заявл. 30.07.2014; опубл. 20.09.2015, Бюл. № 26.
4. Способ приготовления смеси для изготовления крупнопористого легкого бетона: пат. 2691198 Рос. Федерация. № 2018101836 / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, Ю.А. Клейменичева, С.Н. Головин, И.А. Шкловец, Е.Г. Боровик; заявл. 17.01.2018; опубл. 11.06.2019, Бюл. № 17.
5. Лукутцова Н.П. Структура и свойства наномодифицированного крупнопористого легкого бетона с кавитационно-обработанным заполнителем / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, Е.В. Чивикова [и др.] // Цемент и его применение. 2019. № 5. С. 52-56.

## РАЗМЕРНОСТЬ И АГРЕГАТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НАНОДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Лукутцова Н.П.<sup>1</sup>, Пыкин А.А.<sup>1</sup>, Комаров А.С.<sup>1</sup>, Киреев И.З.<sup>1</sup>,  
Самородов Р.А.<sup>1</sup>, Дудник А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

<sup>2</sup>(Бендерский политехнический филиал ГОУ  
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,  
г. Бендеры, Приднестровская Молдавская Республика)

*Представлены результаты исследования показателей размерности и агрегативной устойчивости нанодисперсной добавки (НДД) для цементных систем, полученной способом ультразвукового диспергирования микрокремнезема в водной среде суперпластификатора С-3.*

Совершенствование строительных технологий, необходимость обеспечения долговечности и надежности работы конструкций и сооружений предъявляют все более высокие требования к качеству применяемых при их возведении цементных систем (ЦС) – композиций в виде цементно-водных суспензий, паст, бетонных и растворных смесей, бетонов и растворов, приготовленных с использованием вяжущего на основе портландцементного клинкера.

Разработка модифицированных ЦС с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами является актуальным и перспективным научно-практическим направлением в области строительного материаловедения.

Наиболее распространенным технологическим приемом целенаправленного регулирования структурой и свойствами ЦС относится использование активных кремнеземистых добавок (АКД).

Механизм действия АКД обусловлен в основном химическим взаимодействием кремнезема  $\text{SiO}_2$  с гидроксидом кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , выделяющимся в значительном количестве в результате гидролиза трехкальцевого силиката кальция  $\text{C}_3\text{S}$  цемента, и определяется наличием свободных реакционноспособных силанольных групп ( $\equiv\text{SiOH}$ ) на поверхности частиц  $\text{SiO}_2$ , содержание которых зависит от их дисперсности. При этом формируются кристаллы низкоосновных гидросиликатов кальция волокнистой морфологии, полукристаллические и аморфные гидраты кальциевых силикатов в виде CSH геля, приводящие к уплотнению, упрочнению и снижению проницаемости цементной матрицы бетона.

Известно, что ультра- и нанодисперсные кремнеземы заметно активнее влияют на концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$  в жидкой фазе цемента уже в первые минуты гидратации, что приводит к сокращению длительности индукционного периода. В присутствии ультра- и наночастиц  $\text{SiO}_2$  образование продуктов

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

гидратации в ранний период происходит в непосредственной близости от их поверхности, цементные зерна в меньшей степени блокируются новообразованиями, что способствует интенсификации процесса гидролиза и гидратации клинкерных минералов [1-7].

Целью работы является исследование показателей размерности и агрегативной устойчивости нанодисперсной добавки (НДД) для цементных систем, полученной способом ультразвукового диспергирования (УЗД) микрокремнезема (МК) в водной среде суперпластификатора С-3, и анализ ее влияния на структуру цементного камня (ЦК).

Для изготовления образцов ЦК использовались:

- нормальнотвердеющий портландцемент типа ЦЕМ I, класса прочности 42,5 по ГОСТ 31108-2020 (РПТ УП «Управляющая компания холдинга «Белорусская цементная компания», Республика Беларусь);

- нанодисперсная добавка на основе неуплотненного конденсированного микрокремнезема марки МК-85 с содержанием аморфного диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) в количестве не менее 85 % по ГОСТ Р 58894-2020 (ООО «Микросилика», г. Пермь) и нафталинформальдегидного суперпластификатора С-3 в виде сухого вещества по ТУ 5870-002-58042865-03 (АО «ГК Полипласт», Московская область);

- питьевая вода по ГОСТ 23732-2011 (Брянская область).

Получение НДД проводилось в течение 7 мин УЗД водной суспензии с концентрацией твердой фазы 3 %, содержащей (по массе) 70 % МК и 30 % С-3, в механоактиваторе ПСБ-4035-04 кавитационного типа действия с частотой ультразвука 35 кГц.

При проведении исследования применялись следующие методы: сканирующая электронная микроскопия на микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU и лазерная гранулометрия на приборе Analysette 22 NanoTec Plus (для анализа структуры и гранулометрического состава МК); фотонно-корреляционная спектроскопия и электрофоретическое светорассеяние на анализаторе ZetaPlus (для изучения показателей размерности и устойчивости НМД); стандартные методы испытаний цемента.

Данные сканирующей электронной микроскопии и лазерной гранулометрии показали, что микрокремнезем, используемый в качестве активного минерального компонента техногенного происхождения для НДД, состоит из полидисперсных частиц аморфного диоксида кремния сферической формы средним диаметром 1150 нм. Доля частиц, попадающих в нанодиапазон (до 100 нм), составляет 0,1 %; ультрадиапазон (от 100 до 1000 нм) – 39,5 %; микродиапазон (от 1000 до 10000 нм) – 58,3 %; макродиапазон (более 10000 нм) – 2,1 %.

В суспензиях на границе раздела «дисперсная фаза – вода» возникает двойной электрический слой (ДЭС) – пространственное распределение электрических зарядов, которое появляется на и в непосредственной близости от поверхности частиц, контактируемых с дисперсионной средой.

Для количественного анализа величины заряда в ДЭС используется электрокинетический потенциал или дзета-потенциал, который позволяет

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

определить характер взаимодействия между твердыми фазами суспензий и их устойчивость к процессу агрегации. Для агрегативно-неустойчивых суспензионных систем положительное или отрицательное значение дзета-потенциала колеблется в интервале от 0 до 30 мВ [8, 9].

Методами электрофоретического светорассеяния и фотонно-корреляционной спектроскопии установлено, что УЗД микрокремнезема в водной среде без С-3 приводит к уменьшению среднего диаметра его частиц от 1150 до 780 нм. При этом образуется суспензия, дисперсная фаза которой размерами от 78 до 2558 нм и дзета-потенциалом минус 4,95 мВ является неустойчивой к агрегации (рис. 1, а).

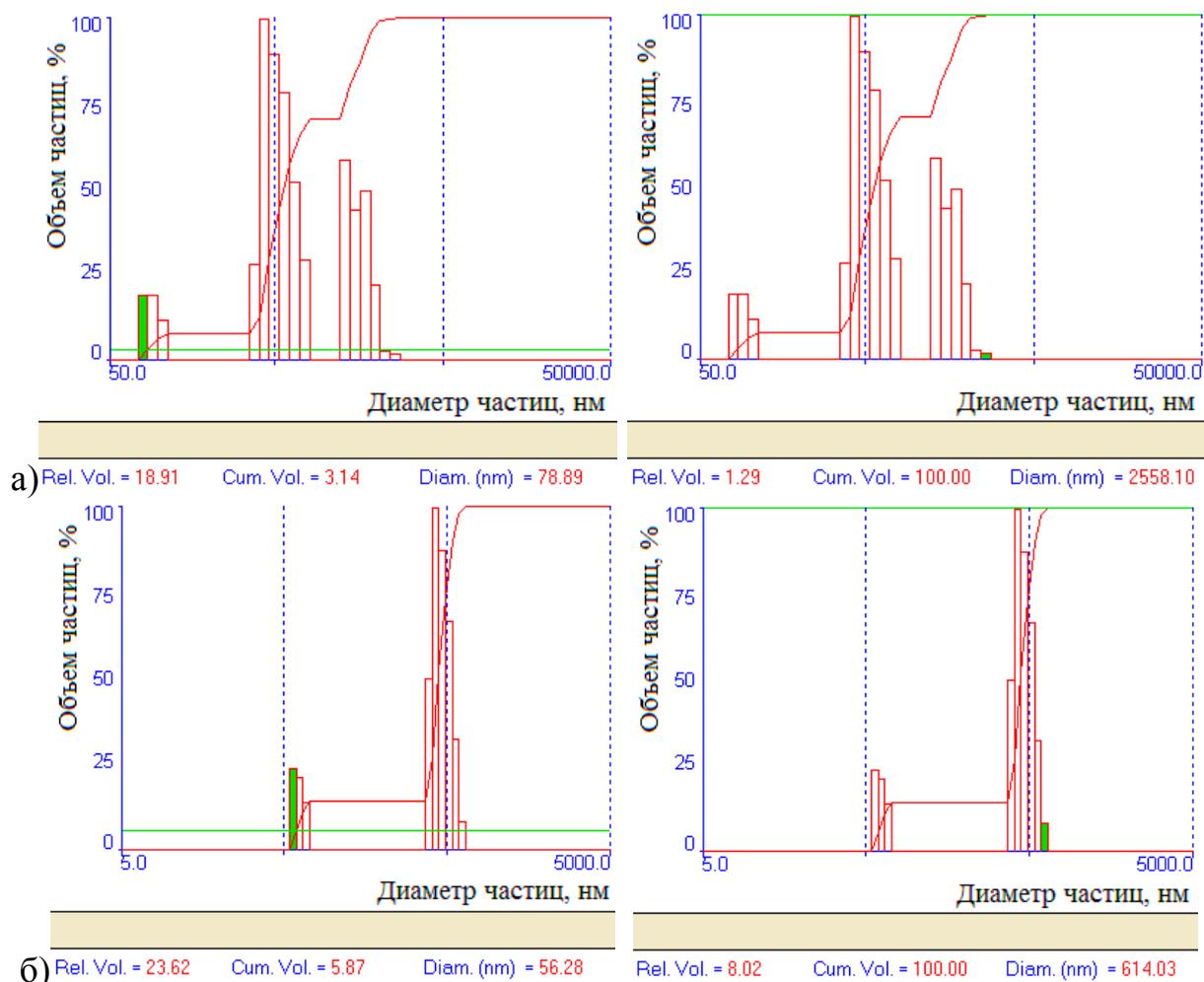


Рис. 1. Распределение по размерам частиц микрокремнезема после УЗД:  
а – в водной среде без С-3; б – в водной среде С-3

В то же время, ультразвуковое диспергирование МК в водной среде С-3 способствует образованию суспензии с дисперсной фазой, устойчивой к агрегации, средним диаметром 400 нм в интервале от 56 до 614 нм и дзета-потенциалом, равным минус 52,91 мВ (рис. 1, б). Эффект стабилизации частиц микрокремнезема от агрегации суперпластификатором С-3 вызван тем, что его адсорбционные слои повышают дзета-потенциал от минус 4,95 мВ до минус 52,91 мВ, то есть агрегативная устойчивость частиц МК обуславливается

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

преимущественно их электростатическим отталкиванием [8, 9].

Полученная нанодисперсная добавка вводилась в количестве 0,2 % (в пересчете на сухое вещество от массы портландцемента) в цементное тесто нормальной густоты для исследования ее влияния на структуру ЦК в возрасте 28 суток. За счет взаимодействия портландита  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с наночастицами аморфного диоксида кремния в поровом пространстве цементного камня формируется дополнительное количество низкоосновных гидросиликатов кальция и CSH геля, способствующих уплотнению и, соответственно, упрочнению структуры ЦК [10, 11], что подтверждается данными сканирующей электронной микроскопии на микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU (рис. 2).

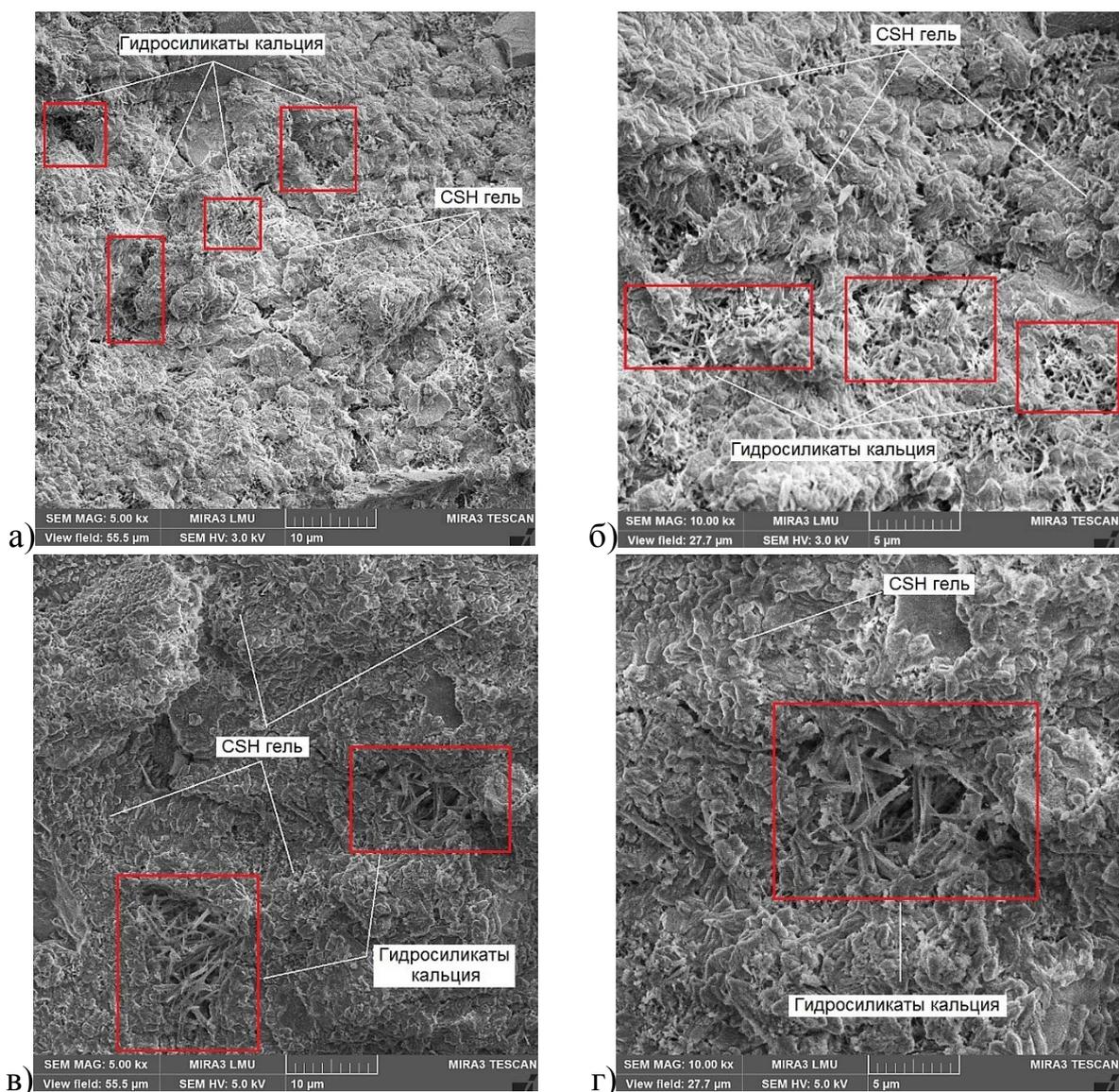


Рис. 2. Структура цементного камня контрольного состава (а, б) и с нанодисперсной добавкой (в, г) в возрасте 28 суток: а, в – ( $\times 5000$ ); б, г – ( $\times 10000$ )

### Заключение

Исследованы показатели размерности и агрегативной устойчивости нанодисперсной добавки для цементных систем, полученной способом

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

ультразвукового диспергирования микрокремнезема в водной среде суперпластификатора С-3. Установлено, что полученная нанодисперсная добавка в виде агрегативно-устойчивой водной суспензии, содержащей до 24 % частиц диаметром 56 нм, способствует образованию в поровом пространстве цементного камня дополнительного количества уплотняющих и упрочняющих низкоосновных гидросиликатов кальция и CSH геля.

### Список литературы

1. Баженов Ю.М. Исследования влияния наномодифицирующей добавки на прочностные и структурные характеристики мелкозернистого бетона / Ю.М. Баженов, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. 2010. № 2. С. 215-219.
2. Lukuttsova N.P. Fine-grained concrete with nanodispersed silica additive / N.P. Lukuttsova, E.G. Borovik, D.A. Pehenko // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 156-161.
3. Gornostaeva E.Y. Improvement of wood-cement composition properties with microsilica additive / E.Y. Gornostaeva, N.P. Lukuttsova, D.I. Dryazgov // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 162-167.
4. Lukuttsova N.P. Structurization of cement systems with nanodispersed silica stabilized with acetate ions / N.P. Lukuttsova, S.N. Golovin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. Building Materials and Products. 2019. Pp. 022019.
5. Lukuttsova N.P. Fine-grained high-strength concrete / N.P. Lukuttsova, G.N. Soboleva, S.N. Golovin [et al.] // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 131-135.
6. Лукутцова Н.П. Наномодифицирующие добавки в бетон / Н.П. Лукутцова // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 101-104.
7. Лукутцова Н.П. Наномодифицированный мелкозернистый бетон / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.
8. Лукутцова Н.П. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлуазитовых нанотрубок / Н.П. Лукутцова, С.Н. Головин // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
9. Кулеш И.А. Оценка агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок для бетона и раствора / И.А. Кулеш, О.Е. Антоненкова, Н.П. Лукутцова [и др.] // Эффективные строительные композиты: матер. науч.-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича (Белгород, 2-3 апреля 2015 г.). Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 312-321.
10. Штарк Й. Гидратация цемента и микроструктура бетона / Й. Штарк // Цемент и его применение. 2011. № 2. С. 90-94.
11. Брыков А.С. Влияние кремнеземсодержащих добавок на гидратацию портландцемента в ранний период / А.С. Брыков, Р.Т. Камалиев // Цемент и его применение. 2010. № 1. С. 146-148.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА СВЯЗУЮЩЕГО

Малофеев В.В., Лукаш А.А., Феллух А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Работа посвящена вопросу оптимизации технологического процесса производства древесно-стружечных плит с целью снижения расхода связующего. Рассмотрены теоретико-методологические основы определения и анализа возможных путей снижения расхода связующего в процессе производства древесно-стружечных плит. Изучено влияние изменений в технологическом процессе на качество получаемых плит и экологическую безопасность производства. Результаты исследования могут быть применены для разработки новых технологий и улучшения существующих методов производства древесно-стружечных плит с учетом экологических и экономических факторов.*

В современном мире проблема экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов становится все более актуальной. Важным направлением решения этих вопросов является оптимизация технологических процессов в различных отраслях промышленности, в том числе в производстве древесно-стружечных плит.

Древесно-стружечные плиты широко используются в строительстве, мебельном производстве и других отраслях, благодаря своим прочностным характеристикам и доступности сырья. Однако процесс производства плит часто сопряжен с большим расходом связующего, что приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ и негативному влиянию на окружающую среду [1].

Производство древесно-стружечных плит включает в себя несколько основных этапов:

1. Подготовка сырья. На этом этапе происходит дробление древесины на стружку и очистка от примесей и загрязнений. Подходящие виды древесины включают отходы лесозаготовки, опилки и другие побочные продукты деревообработки.

2. Сушка стружки. Стружка сушится в специальных сушильных установках до влажности около 3-6 %, что обеспечивает эффективное проникновение связующего и равномерное его распределение по объему стружки.

3. Добавление связующего и других добавок. На этом этапе к стружке добавляют связующее вещество, обычно на основе синтетических смол (таких как уреа-формальдегидная смола), а также антисептики, антипирены и другие компоненты для улучшения свойств плит.

Связующее вещество играет важную роль в процессе производства

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

древесно-стружечных плит, так как оно обеспечивает прочность и стабильность конечного продукта. Связующее обеспечивает адгезию между частицами стружки, что позволяет получать плотные и прочные плиты с хорошими механическими и гидроизоляционными свойствами.

Оптимизация расхода связующего в процессе производства древесно-стружечных плит может быть достигнута несколькими способами:

- изменение состава связующего: модификация химического состава связующего с добавлением недорогих и доступных добавок может снизить расход связующего без потери качества плит;

- оптимизация технологического процесса: улучшение техники и оборудования для более равномерного распределения связующего в стружке может позволить использовать меньше связующего без снижения качества плит. Это включает улучшение смешивания стружки со связующим и оптимизацию процесса прессования;

- разработка альтернативных связующих: исследования в области разработки более эффективных и экологичных связующих, таких как натуральные биополимеры или модифицированные природные смолы, могут снизить расход связующего и уменьшить экологический отпечаток производства плит;

- улучшение качества сырья: подбор сырья с лучшими свойствами для производства древесно-стружечных плит, таких как степень помола, форма и размер стружки, может снизить расход связующего;

- применение новых технологий: инновационные технологии, такие как применение ультразвука или радиочастотного облучения, могут улучшить проникновение и взаимодействие связующего со стружкой, что позволит снизить его расход;

- рециклинг отходов производства: использование отходов производства древесно-стружечных плит, содержащих связующее, в качестве добавки к новым плитам, может помочь снизить общий расход связующего.

Использование этих подходов для оптимизации расхода связующего в процессе производства древесно-стружечных плит может повысить эффективность производства, снизить себестоимость и уменьшить экологический отпечаток. Важно проводить комплексные исследования, чтобы определить наиболее подходящие и рентабельные стратегии для конкретного производства.

Объектом исследования является технологический процесс производства древесно-стружечных плит, который включает в себя подготовку сырья, его превращение в стружку, смешивание со связующим, формирование и прессование плит. Исследование фокусируется на определении возможностей снижения расхода связующего без ущерба для качества плит [2].

В рамках исследования используются различные методы анализа и оптимизации технологического процесса. Это позволяет научным работникам выявлять и оценивать факторы, которые влияют на расход связующего, и разрабатывать стратегии для их устранения или минимизации.

Методы измерения и контроля качества древесно-стружечных плит играют

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

ключевую роль в процессе оптимизации. Они предоставляют возможность проводить непрерывный мониторинг параметров, таких как плотность, прочность и уровень эмиссии формальдегида, чтобы гарантировать соответствие готовой продукции требованиям и стандартам. Это позволяет регулярно оценивать эффективность применяемых методов оптимизации и корректировать их при необходимости [3].

Анализ текущего технологического процесса и расхода связующего начинается с изучения состава и свойств используемых материалов, а также характеристик процессов перемешивания, формирования и прессования плит.

Изучение технологического процесса помогает определить этапы, на которых возможно снижение расхода связующего без ущерба для качества продукции.

На основе проведенного анализа, разрабатывается оптимизированный технологический процесс, который включает улучшенные методы подготовки и перемешивания сырья, а также модификацию параметров формирования и прессования плит. Затем проводится тестирование предложенного процесса на практике, чтобы определить его работоспособность и эффективность.

Сравнение результатов производства древесно-стружечных плит с использованием оптимизированного технологического процесса и существующего метода осуществляется путем измерения и контроля качества продукции, а также расчета экономической эффективности предложенных изменений. Оценка эффективности методов оптимизации основывается на снижении расхода связующего при сохранении или улучшении качества готовой продукции и снижении затрат на производство.

Предложенные методы оптимизации технологического процесса производства древесно-стружечных плит могут способствовать снижению расхода связующего, улучшению качества продукции и снижению экологического воздействия на окружающую среду.

Экологические аспекты оптимизации технологического процесса производства древесно-стружечных плит имеют большое значение, поскольку производство данного материала может оказывать значительное воздействие на окружающую среду.

Влияние снижения расхода связующего на экологическую безопасность производства проявляется в нескольких направлениях. Во-первых, снижение расхода связующего уменьшает количество химических веществ, используемых в процессе производства, что способствует снижению токсичности готовой продукции и сокращению объема опасных отходов [4].

Уменьшение выбросов загрязняющих веществ является одним из ключевых экологических преимуществ оптимизации технологического процесса. Благодаря снижению расхода связующего и применению экологически безопасных материалов, сокращаются выбросы вредных веществ, таких как формальдегид и другие летучие органические соединения, в атмосферу.

Экономические выгоды от снижения расхода связующего и повышения экологической безопасности также ощутимы для предприятий. Оптимизация

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

процесса снижает затраты на сырье и сокращает издержки на утилизацию отходов. Кроме того, улучшение экологических характеристик продукции может повысить конкурентоспособность на рынке и привлечь новых потребителей, заинтересованных в использовании экологически безопасных материалов [5].

Таким образом, оптимизация технологического процесса производства древесно-стружечных плит путем снижения расхода связующего способствует не только повышению экономической эффективности производства, но и улучшению экологической безопасности, что является актуальной проблемой современного общества.

### Заключение

Выявлены подходы к оптимизации производства древесно-стружечных плит, снижению расхода связующего и учету экологической безопасности. Результаты включают успешное внедрение оптимизированного процесса и экологические, экономические выгоды от оптимизации. Дальнейшие исследования могут быть направлены на усовершенствование методов и внедрение принципов циркулярной экономики для создания устойчивой отрасли деревообработки.

### Список литературы

1. Особенности изготовления древесных плит [Электронный ресурс]. URL: <https://forestcomplex.ru/wood-based/osobennosti-izgotovleniya-drevesnyh-plit/>.
2. Васильев В.В. Регулирование удельного расхода смолы по поверхности древесных частиц в производстве древесностружечных плит / В.В. Васильев, Е.Н. Веснина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 241. С. 229-243.
3. Способ изготовления нетоксичных древесно-стружечных плит: пат. 2527524 Рос. Федерация. № 2013119166/13 / В.Е. Цветков, М.Ю. Зуева, О.П. Мачнева [и др.]; заявл. 25.04.2013; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25.
4. Угрюмов С.А. Оценка свойств фурановых олигомеров и древесных плит на их основе / С.А. Угрюмов, Д.А. Смирнов // Вестник московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 4. С. 44-47.
5. Мищенко О.А. Экологичность использования плитных древесных композиционных материалов в строительстве / О.А. Мищенко, В.П. Тищенко // Дальний восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2016. № 1. С. 282-287.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАТЕНТНЫХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

Мищенко Е.С., Лукаш А.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В данной работе изучается влияние использования латентных отвердителей при производстве пленок, пропитанных карбамидоформальдегидными и меламинами смолами (UF и MF). Установлено, что применение данных отвердителей в первой пропиточной ванне позволяет улучшить интенсивность цвета поверхности ламинированных ДСП при облицовке сложными типами бумаг, черной, красной, цвета металла, а также увеличить производительность и время хранения пленки.*

В 1990 году в России процент ламинированных плит из общего количества плит, покрытых бумажно-смоляными пленками, составлял не более 25 %. С того же года началось снижение в мебельной промышленности, вызванное ухудшением экономической ситуации в стране. Но к 1997 году процент ламинированных плит достигнул отметки в 50 %. В 1998 году объем производства ламинированных плит в России достиг около 0,4 млн. м<sup>3</sup>. К 2000 году наблюдался рост производства ламинированных плит, обусловленный значительными инвестициями в эту отрасль. В настоящее время в России функционирует несколько крупных заводов, выпускающих ламинированные плиты. Ожидаемый спрос на ламинированные ДСП к 2005 году предполагался на уровне около 1,3 млн. м<sup>3</sup> в год. На данный момент рынок продолжает расти, не смотря на введение санкций. В 2023 году по данным Росстата производство мебели выросло на 38,6 % за первую половину года [1].

В мебельной индустрии также активно применяются пленочные материалы на основе пропитанных бумаг с высокой степенью отверждения смолы благодаря их простоте использования. Эти материалы выпускаются как в листовом формате определенных размеров, так и в рулонах. В России предприятия данной сферы выпускают свыше двадцати видов пленочных материалов на основе бумаг с высокой степенью отверждения смолы, различающихся поверхностью, эластичностью и другими параметрами.

Использование декоративных бумажных плёнок в мебельной промышленности значительно увеличивает эффективность отделочных процессов, уменьшая трудозатраты на производство мебели за счёт устранения некоторых технологических операций, таких как стяжка и прифуговка шпона, а также шлифовка облицованных панелей перед окончательной отделкой. Плёнки также способствуют серийному производству комплектов мебели и сложных интерьеров с единым цветом и узором, обогащая визуальное оформление продукции благодаря использованию техник набора и печати для достижения эффекта текстуры древесины.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Сегодня мебельные фабрики предлагают широкий ассортимент изделий, большинство из которых изготавливается на основе ДСП, покрытых декоративными плёнками. Среди материалов для облицовки наибольшее распространение получили бумажно-смоляные плёнки с неполной поликонденсацией смол, которыми пропитана бумага и составляющие более 98%.

Пропитка, в формальном смысле, представляет собой процесс замещения воздуха в порах и капиллярах бумажного наполнителя полимерным связующим. Это явление одним из примеров капиллярных эффектов и может быть описано с помощью общей теории поверхностных процессов. Согласно этой теории, на процесс пропитки влияют определенные физико-химические характеристики как дисперсионной среды (то есть раствора или расплава полимера), так и дисперсионной фазы (бумаги). К ним относятся химический состав, структура, адсорбция и температура.

Мировой опыт показывает, что ключевой фактор, влияющий на характеристики покрытых плитных материалов, такие как интенсивность покрытия и прочность склеивания, является олигомер, применяемый в качестве основного компонента для пропитки и отвердителя, используемый в пропиточных ваннах. В то же время, качество используемой бумаги и свойства основной плиты оказывают меньшее воздействие [2].

Одна из характеристик отвердителя – это латентность. Данная характеристика показывает, насколько длительное время смола будет течь при воздействии температуры, прежде чем полимеризоваться. Данный показатель улучшает характеристики конечного продукта и снижает риск появления дефектов при прессовании [3].

Производство импрегнированной пленки проводилось на двухэтапной линии импрегнирования с использованием бумаги декора «Синий» производства TechnocellDecor с поверхностной плотностью 80 г/м<sup>2</sup>. Для пропитки использовались несколько комбинаций олигомеров в первой пропиточной ванне и отвердителей. Для модификации использовались добавки фирмы Deurowood GmbH и несколько видов отвердителей данной фирмы (DeuroCure UN35 и DeuroCure KS-N). Для определения латентности отвердителя определялось время желатинизации олигомера при различной температуре с различной дозировкой отвердителя. На нагретую плитку помещают 1,5 г приготовленного олигомера так, чтобы олигомер находился в специальном углублении полусферической формы на поверхности плитки. Затем включают секундомер и непрерывно перемешивают олигомер стеклянной палочкой. Когда олигомер начнёт густеть, из него периодически вытягивают нити на высоту не более 2 см. Время в секундах, прошедшее с момента нанесения олигомера на плиту до момента обрыва нитей, принимают за время желатинизации.

Для проверки латентности в пропиточную карбамидную смолу добавляли отвердители DeuroCure UN35 и DeuroCure KS-N от 0,2 до 1 % относительно объема смолы. Как видно из представленных данных (рис. 1, 2), значение латентности значительно выше у отвердителя DeuroCure UN35, что позволяет использовать данный отвердитель для получения лучшего качества поверхности

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

ЛДСП и увеличенных производительных характеристик линии ламинирования.

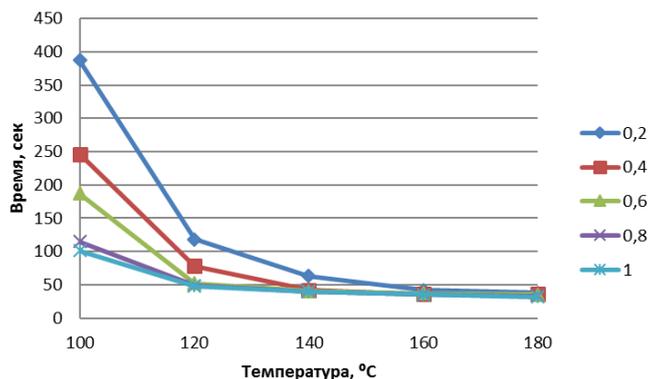


Рис. 1. Латентность отвердителя DeuroCure KS-N

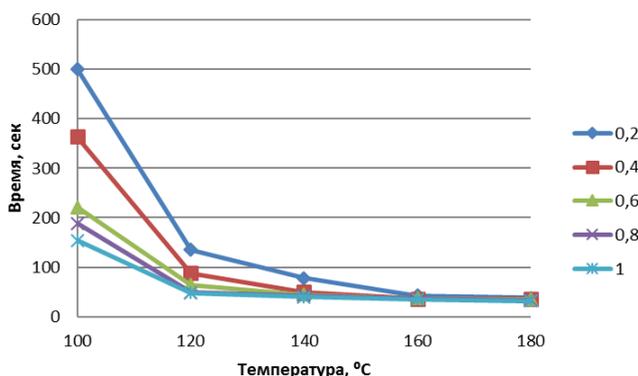


Рис. 2. Латентность отвердителя DeuroCure UN35

### Заключение

Применение латентного отвердителя для производства пленки на основании термореактивных олигомеров показало улучшение качества поверхности образцов ЛДСП при использовании комбинации смеси UF и MF смол с введением латентного отвердителя DeuroCure UN35 за счет продленного течения смолы при прессовании. Также прессование происходило при использовании невыдержанной плиты, что позволяет сократить расходы на выдержку плиты перед прессованием и значительно увеличить производительность всей технологической линии.

### Список литературы

1. Цены на ДСП начали расти на фоне пика производства мебели [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/11/10/1005066-tseni-na-dsp-nachali-rasti>.
2. Вирпша З. Аминопласты / З. Вирпша, Я. Бжезинский; Пер. с пол. И.В. Холодовой. Москва: Химия, 1973. 343 с.
3. Сусская Н.Н. Совершенствование технологии изготовления облицовочных материалов и пути повышения их качества / Н.Н. Сусская, В.С. Орлова. Москва: ВНИПИЭИлеспром, 1987. 64 с.

## РОЛЬ ЗАПОЛНИТЕЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БЕТОНА

Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Мовсулов М.М.  
(ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный, Россия)  
(ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук» г. Грозный, Россия)

*В работе представлены результаты изучения возможных типов структур в зависимости от распределения зерен заполнителя в основной массе бетонной смеси, выделен наилучший «контактный» вид структуры. Изучены свойства проб щебня различных карьеров, установлено, что все относятся к группе гранит-диабазовых пород с развитой кубовидной формой, что положительно отразилось на контактной прочности с растворной частью. Использование щебня фракции 5-20 мм карьера Алханчурт способствовало достижению класса бетона В40.*

Вяжущее, заполнители и вода – основные компоненты бетонного камня, в которых сосредоточен определенный резерв энергии, после химического контакта активных составляющих, связывая крупные и мелкие зерна пород в единое целое, образуют жесткий и прочный конгломерат.

Первостепенная роль вяжущей системы и водоцементного отношения доказана многими исследованиями [1-4], но следует отметить и значимость заполнителя, ведь большая доля в объеме материала принадлежит именно ему. Образуя жесткий остов, заполнитель участвует в формировании структуры композита, и именно он отвечает за контактную прочность с цементной матрицей.

Доля заполнителя в теле бетона велика, образуемый жесткий каркас должен воспринимать действующие нагрузки, уменьшать деформации (усадка, ползучесть, микротрещины), повышать прочность и модуль упругости камня, при дальнейшей эксплуатации в конструктивном элементе, но следует заметить, что от степени наполнения цементной матрицы щебнем зависят структура смеси, бетона и возможности конечного продукта [5-7]. На рис. 1 представлены возможные вариации структуры композита в зависимости от содержания крупного заполнителя.

Приведенные типы структур, полученные на основании полученных результатов исследований [8, 9], дают возможность восприятия особенностей распределения зерен заполнителя в основной массе бетона в зависимости от степени наполнения цементного раствора щебнем.

Наибольшее предпочтение можно отдать «контактной» структуре, так как возникающие при работе бетона сжимающие нагрузки и напряжения концентрируются на сравнительно жестком элементе – зернах щебня, и величина усилия определяется модулями упругости матрицы и крупного заполнителя.

«Базальная» структура или «плавающий заполнитель», формируется при

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

уменьшении доли щебня за счет увеличения растворной массы, зерна отдаляются друг от друга толстым слоем цементного камня, что приводит к снижению сжимающих нагрузок и напряжений в области крупного заполнителя, влияние этого компонента на физико-механические свойства бетона практически неощутимы.

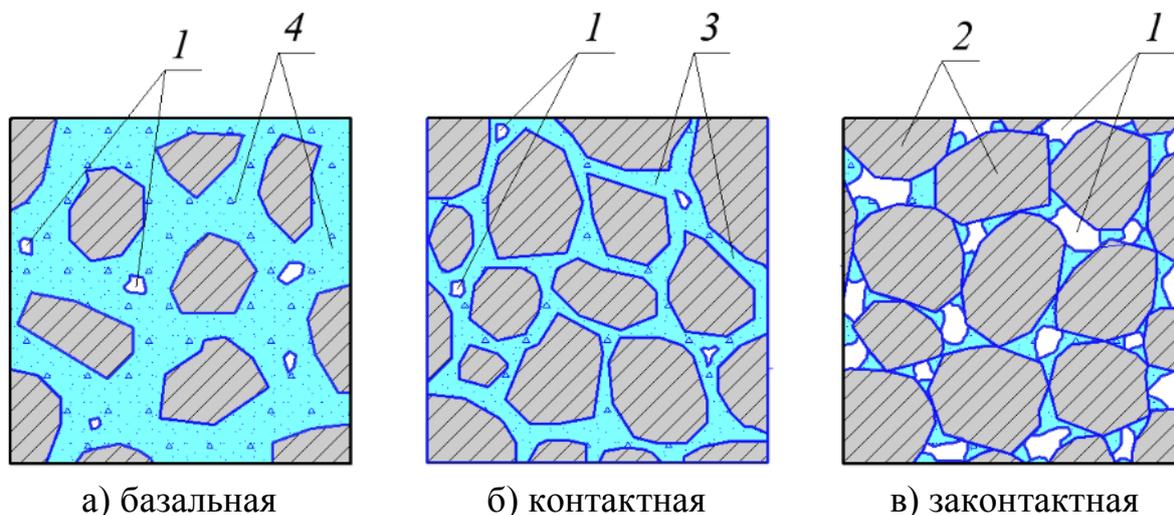


Рис. 1. Типы структур бетонов в зависимости изменения содержания щебня:  
1 – межзерновые пустоты; 2 – зерна щебня; 3 – адгезионный слой;  
4 – цементная матрица

«Законтактная» структура характерна при перерасходе доли крупного заполнителя, зерна щебня непосредственно контактируют друг с другом, растворной части не хватает для сохранения сплошности, межзерновые пространства заполнены воздухом.

Можно утверждать, что этот тип структуры самый нестабильный и весьма критичен, из-за отсутствия прочной связи между зернами щебня, происходит концентрация напряжений в зоне контакта с дефицитной растворной массой, что отразится на прочностных и деформационных свойствах бетона.

С этой целью в рамках проведения научно-технического сопровождения объектов СКФО, для разработки бетонов классов В20-В40 были взяты пробы щебня с действующих карьеров Республики Северная Осетия (РСО) и Чеченской Республики (ЧР).

Исследовались физико-механические свойства, гранулометрический состав, изучалась морфология поверхности заполнителя и особый акцент делался на наличие нежелательных в заполнителе активных примесей. Результаты исследований представлены в табл. 1, 2.

Изучаемые в работе пробы щебня, отобранные в соответствии с ГОСТ 8269.0-97, относятся к группе гранит-диабазовых пород, наиболее часто применяемых фракций 5-20 мм. Рельеф поверхности у всех исследуемых проб шероховатый, присутствует развитая кубовидная форма, что положительно отразится на контактной прочности с растворной частью.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Таблица 1 – Свойства щебня фракции 5-20 мм с. Алханчурт, РСО

Наименование показателя	Фактические значения						ГОСТ 8267-93
	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5	
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	< 2,5	ГОСТ 8267-93
Размер сит, мм	25	20	12,5	5	2,5	-	
Полные остатки, %	-	12,7	72,78	97,67	99,07	100	
ГОСТ 8267-93	до 0,5	до 10	30-60	90-100	-	-	
Прочность щебня (марка по дробимости)			6,19 (M1000)				-
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>			1476				-
Содержание дробленых зерен, %			83				≥80
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %			0,9				< 1
Содержание глины в комках, %			-				< 0,25

Таблица 2 – Свойства щебня фракции 5-20 мм с. Комсомольское, ЧР

Наименование показателя	Фактические значения							ГОСТ 8267-93
	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	1,25	< 1,25	
Подбор сит	1,25Д	Д	0,5(Д+d)	d	2,5	1,25	< 1,25	ГОСТ 8267-93
Размер сит, мм	25	20	12,5	5	2,5	1,25	-	
Полные остатки, %	0,92	17,2	69,8	98,6	99,4	99,4	100	
ГОСТ 8267-93	до 0,5	до 10	30-60	90-100	-	-	-	
Прочность щебня (марка по дробимости)			21,3 (M800)				-	
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>			1432				-	
Содержание дробленых зерен, %			87				≥80	
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %			0,5				< 1	
Содержание глины в комках, %			нет				< 0,25	

Партия щебня с. Алханчурт соответствуют марке по дробимости M1000, щебень карьер Комсомольский фракции 5-20 мм – M800 (ГОСТ 8267-93). Для получения бетонов В40 и более рекомендуется применять щебень с маркой по дробимости более  $\geq$  M1000.

Для подбора составов бетона в качестве вяжущего вещества применялся портландцемент АО «Чеченцемент» ЦЕМ I 42,5 Н, активность которого на момент исследований составила 49,5 МПа. Мелкий заполнитель использовался месторождения Алагир, РСО, модуль крупности составил 2,8, присутствие активного кремнезема не обнаружено, содержание пылеватых и глинистых частиц 0,7 %.

Для получения высокоподвижных смесей марки по подвижности П4 исследовалась химическая добавка на основе эфиров поликарбоксилатов Полипласт СП-1 (1,3 % от массы цемента).

Предлагаемые составы тяжелых бетонов В25-В40 и результаты испытаний представлены в табл. 3, 4.

Минимальная загрязненность зерен щебня пылеватыми, глинистыми и илистыми частицами, шероховатый, изъеденный рельеф поверхности,

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

остроугольная кубовидная форма, высокая прочность при сдавливании в цилиндре все это в комплексе содействовало набору проектной прочности. Составы В35 (М450) и В25 (М350) на 5-7 % уступают проектной прочности на 28 сутки, но в более длительные сроки достигнут заданные показатели, благодаря использованию в составах щебня марки по дробимости М1000 и суперпластификатора Полипласт СП-1 (1,3 % от массы цемента).

Таблица 3 – Составы тяжелых бетонов

№ состава	Заданный класс (марка) бетона по прочности на сжатие	В/Ц	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг				Плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Подвижность смеси ОК, см	Добавка Полипласт СП-1
			Ц	В	Щ	П			
Щебень фракции 5-20 мм карьера Алханчурт, РСО									
1	В40 (М500)	0,30	530	159	1000	730	2420	17	6,8
Щебень фракции 5-20 мм карьера Алханчурт, РСО									
2	В35 (М450)	0,31	450	140	1100	745	2440	18	6,3
Щебень фракции 5-20 мм Комсомольское, ЧР									
3	В25 (М350)	0,50	380	190	1060	820	2460	17	4,7

Таблица 4 – Результаты испытаний бетона

№ состава	Наименование образца	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Разрушающая нагрузка, кН	Прочность при сжатии, МПа	Требуемая прочность, МПа	% от требуемой прочности
1	В40 (М500)	2325	570	54,1	52,3	103,0
2	В35 (М450)	2320	460	43,7	45,8	95,4
4	В25 (М350)	2310	324	30,8	32,7	94,2

### Заключение

Проведенный объем работ по проектированию состава бетона с использованием крупного заполнителя Северо-Кавказского федерального округа, позволил оценить вклад этого компонента в процесс формирования структуры и прочности бетонного камня.

Установлено, что, варьируя содержанием доли заполнителя можно управлять процессами формирования структуры и прочности. Наиболее выгодной можно считать «контактную» структуру, с равномерным распределением зерен щебня в достаточной цементно-песчаной массе, возникающие при работе бетона сжимающие нагрузки и напряжения концентрируются на достаточно жестком каркасе из крупного заполнителя.

Исследованные пробы гранитно-диабазового щебня, подтверждают их

эффективность как по прочностным показателям, так и по морфологии.

Использование щебня фракции 5-20 мм карьера Алханчурт, характеристики которого полностью соответствуют требованиям ГОСТ 8267-93, как по гранулометрическому, так и по физико-механическим показателям содействовало достижению класса В40 тяжелого бетона.

#### Список литературы

1. Каприелов С.С. Оптимизация параметров технологии бетона для обеспечения термической трещиностойкости массивных фундаментов / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, И.А. Чилин // Строительные материалы. 2022. №10. С. 41-51.

2. Маилян Д.Р. К определению трещиностойкости железобетонных балок из различных видов бетонов / Д.Р. Маилян, Г.В. Несветаев, Н.А. Коллеганов // Инженерный вестник Дона. 2023. № 1 (97). С. 533-548.

3. Cherpurnenko A.S. Simplified model for determining the stress-strain state in massive monolithic foundation slabs during construction / A.S. Cherpurnenko, G.V. Nesvetaev, Yu.I. Koryanova [et al.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. Vol. 18 (3). Pp. 126-136.

4. Lesovik V.S. Composite binders with superabsorbent polymers / V.S. Lesovik, D.Yu. Popov, R.S. Fediuk [et al.] // Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. Vol. 3 (108). Pp. 10803.

5. Муртазаев С-А.Ю. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова // Приволжский научный журнал. 2018. Т. 46. № 2. С. 65-70.

6. Саламанова М.Ш. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы / М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, Т.С-А. Муртазаева [и др.] // Инновации и инвестиции. 2015. № 8. С. 159-163.

7. Муртазаев С-А.Ю. Горные породы вулканического происхождения как заполнители для получения легких бетонов / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, С.А. Алиев [и др.] // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 105-113.

8. Саламанова М.Ш. Перспективные возможности получения качественных мелкозернистых композитов / М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов, М.М. Мовсулов // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Том XIX. № 2 (32). С. 94-101.

9. Муртазаев С-А.Ю. Разработка полиморфной вяжущей системы на основе карбонатной добавки / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, Ю.И. Корянова // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Том XIX. № 3 (33). С. 96-103.

## СТРУКТУРА ГИПСОВОГО КАМНЯ С СУСПЕНЗИОННЫМ МОДИФИКАТОРОМ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ

Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Дубовской П.В., Дрязгов Д.И.,  
Грибанова А.Ю., Федина В.С.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты исследования структуры гипсового камня с суспензионным модификатором на основе стабилизированных наночастиц оксидов алюминия и кремния, полученного сонохимическим способом с использованием метакаолина и суперпластификатора С-3.*

Водостойкость гипсовых вяжущих веществ (ГВВ) оценивается по коэффициенту размягчения ( $K_p$ ), в зависимости от которого они подразделяются на: неводостойкие ( $K_p$  менее 0,45); средней водостойкости ( $K_p$  от 0,45 до 0,6); повышенной водостойкости ( $K_p$  от 0,6 до 0,8); водостойкие ( $K_p$  более 0,8).

Низкая водостойкость ГВВ объясняется высокой растворимостью дигидрата сульфата кальция  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , который образуется при взаимодействии гипса  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  с водой, его высокой проницаемостью и расклинивающим действием молекул воды при проникании в межкристаллические полости (эффект Ребиндера).

Структура затвердевшего гипсового камня характеризуется высокой сообщающейся пористостью, удлиненными кристаллами  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , которые имеют между собой точечные соединения, имеющие тенденцию к разрыву при небольших напряжениях, и полости, в которые проникает вода, ослабляя связи и растворяя  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

Для повышения прочности и водостойкости гипсовых материалов и изделий широко используются тонкодисперсные минеральные добавки природного (диатомит, опока, трепел и др.) и искусственного (портландцемент, известь, метакаолин и др.) происхождения как отдельно, так и в комплексе с органическими модификаторами (гипер- и суперпластификаторами, гидрофобизаторами, углеродными нанотрубками и др.) [1-5].

По механизму воздействия на гипсовый камень (ГК) все добавки условно подразделяются на следующие классы: сильные (слабые) электролиты (не электролиты), которые влияют на растворимость гипса; соединения, выступающие как готовые центры кристаллизации; поверхностно-активные вещества, способные к адсорбции на полугидрате сульфата кальция и уменьшающие скорость зародышеобразования; модификаторы, которые при взаимодействии с гипсом формируют на поверхности его кристаллогидратов труднорастворимые фазовые пленки.

Целью работы является исследование структуры гипсового камня с суспензионным модификатором на основе стабилизированных наночастиц

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

оксидов алюминия и кремния.

Для изготовления образцов ГК применялись следующие материалы: строительный гипс марки Г-5 В II по ГОСТ 125-2018; метаксаолин по ГОСТ Р 59536-2021 следующего химического состава (% по массе):  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 50,61;  $\text{SiO}_2$  – 42,83;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,89;  $\text{CaO}$  – 0,15;  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  – 0,72;  $\text{MgO}$  – 0,96;  $\text{SO}_3$  – 0,32;  $\text{Cl}$  – 0,04; прочее – 2,48; стабилизатор – нафталинформальдегидный суперпластификатор С-3 в виде сухого вещества по ТУ 5870-002-58042865-03; питьевая вода. Получение суспензионного модификатора проводилось сонохимическим способом в механоактиваторе ПСБ-4035-04 кавитационного типа действия путем ультразвукового диспергирования метаксаолина в водной среде стабилизатора С-3 до частиц оксидов алюминия и кремния средним диаметром частиц 70 нм [6].

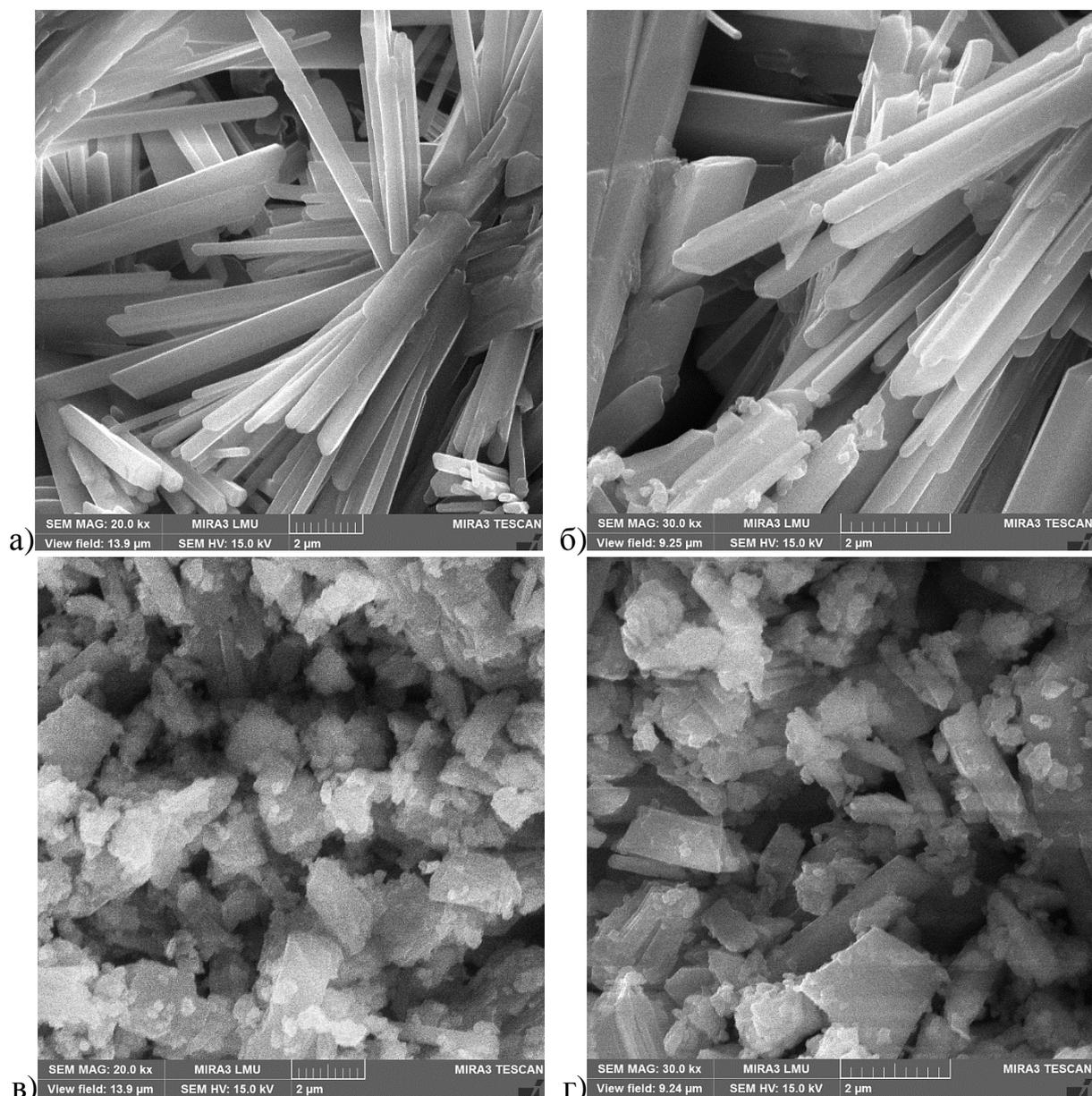


Рис. 1. Структура гипсового камня: а, б – контрольный состав ( $\times 20000$ ,  $\times 30000$ ); в, г – состав с суспензионным модификатором на основе стабилизированных наночастиц оксидов алюминия и кремния ( $\times 20000$ ,  $\times 30000$ )

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Структура ГК исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) образцов, изготовленных из смесей нормальной густоты, через 2 ч естественного твердения и после сушки до постоянной массы при температуре 45-55 °С.

Результаты СЭМ на микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU (рис. 1) показали, что структура гипсового камня без суспензионного модификатора является более пористой и представлена удлинёнными пластинчатыми кристаллами дигидрата сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), образующимися при гидратации строительного гипса. Данные кристаллогидраты характеризуются наличием межконтактных полостей, в которые может проникать вода, ослабляя связи.

### Заключение

Электронно-микроскопический анализ структуры гипсового камня с суспензионным модификатором свидетельствует о том, что наночастицы оксидов алюминия и кремния способствуют формированию малопористой гипсовой матрицы, блокируют поверхность кристаллогидратов гипса, задерживая рост и изменяя их морфологию от пластинчатой до призматической и кубовидной формы, одновременно увеличивая общую площадь контактов между ними. Это обуславливает повышение прочности и водостойкости гипсового камня.

### Список литературы

1. Петропавловская В.Б. Использование минеральных ультрадисперсных модификаторов на основе отходов промышленности в гипсовых композитах / В.Б. Петропавловская // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 18-23.
2. Батова М.Д. Структура и свойства гипсовых композиций с минеральными дисперсными добавками / М.Д. Батова, Ю.А. Семёнова, А.Ф. Гордина [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 10. С. 49-53.
3. Рузина Н.С. Модификация вяжущих на основе сульфата кальция комплексными добавками / Н.С. Рузина, Г.И. Яковлев, А.Ф. Гордина [и др.] // Строительные материалы. 2020. № 7. С. 18-22.
4. Изряднова О.В. Изменение морфологии кристаллогидратов при введении ультра- и нанодисперсных модификаторов структуры в гипсоцементно-пуццолановые вяжущие / О.В. Изряднова, Г.И. Яковлев, И.С. Полянских [и др.] // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 25-27.
5. Яковлев Г.И. Модификация структуры и свойств гипсового вяжущего дисперсией технической сажи / Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф. Гордина [и др.] // Интеллектуальные системы в производстве. 2019. Т. 17. № 1. С. 138-143.
6. Способ изготовления комплексной нанодисперсной добавки для высокопрочного бетона: пат. 2563264 Рос. Федерация. № 2014131704/03 / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, А.В. Суглобов; заявл. 30.07.2014; опубл. 20.09.2015, Бюл. № 26.

## КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ БАЗАЛЬТОПОЛИСТИРОЛБЕТОН

Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Левкин И.С., Любочко Д.С., Марусов В.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Исследованы структура и прочностные характеристики конструкционно-теплоизоляционного базальтополистиролбетона на цементном вяжущем и заполнителе из вспененного гранулированного полистирола для изготовления сборных изделий и монолитных конструкций с использованием силикатной пасты на основе микрокремнезема и жидкого натриевого стекла.*

Существенным недостатком полистиролбетона является низкая адгезия цементного камня (ЦК) с гидрофобной поверхностью гранул вспененного полистирола, что способствует выкрашиванию заполнителя, приводящее к снижению свойств бетона [1].

Формирование прочных адгезионных связей в системе «полистирол – ЦК» возможно путем структурирования и дисперсного армирования цементной матрицы активными минеральными добавками [2, 3], макро- и микроволокнами [4-9], галлуазитовыми и биосилифицированными нанотрубками [10, 11].

Целью работы является исследование структуры и прочностных характеристик конструкционно-теплоизоляционного базальтополистиролбетона (БПСБ) для изготовления сборных изделий (стеновых блоков, плит, перемычек) и монолитных конструкций.

Для получения БПСБ применялись следующие сырьевые компоненты:

- портландцемент (ПЦ) типа ЦЕМ I 42,5Н;
- вспененный гранулированный полистирол (ПВГ) насыпной плотностью 12 кг/м<sup>3</sup> с размером гранул от 2,5 до 5 мм;
- базальтовая фибра (БФ) с диаметром волокон 7,5 до 10,5 мкм, длиной от 1,5 до 4,5 мм;
- силикатная паста (СП), полученная смешиванием микрокремнезема с содержанием аморфного диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>) в количестве не менее 85 %, суперпластификатора С-3 и водного раствора жидкого натриевого стекла;
- питьевая вода (В).

Перемешивание бетонных смесей осуществлялось в смесителе принудительного действия при указанной последовательности загрузки компонентов (% по массе): СП (0,2) – ПВГ (6,3) – БФ (3,8) – В (7,3) – ПЦ (68) – В (14,4).

Силикатная паста представляет собой дисперсную систему, состоящую из агломератов в виде сферических частиц микрокремнезема размером от 187 до 1210 нм (рис. 1).

Установлено, что использование СП приводит к формированию новообразований, структурирование которых наблюдается на поверхности

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

полистирола и фибры, что способствует упрочнению адгезионных связей в системе «цементный камень – вспененный гранулированный полистирол – базальтовая фибра» (рис. 2).

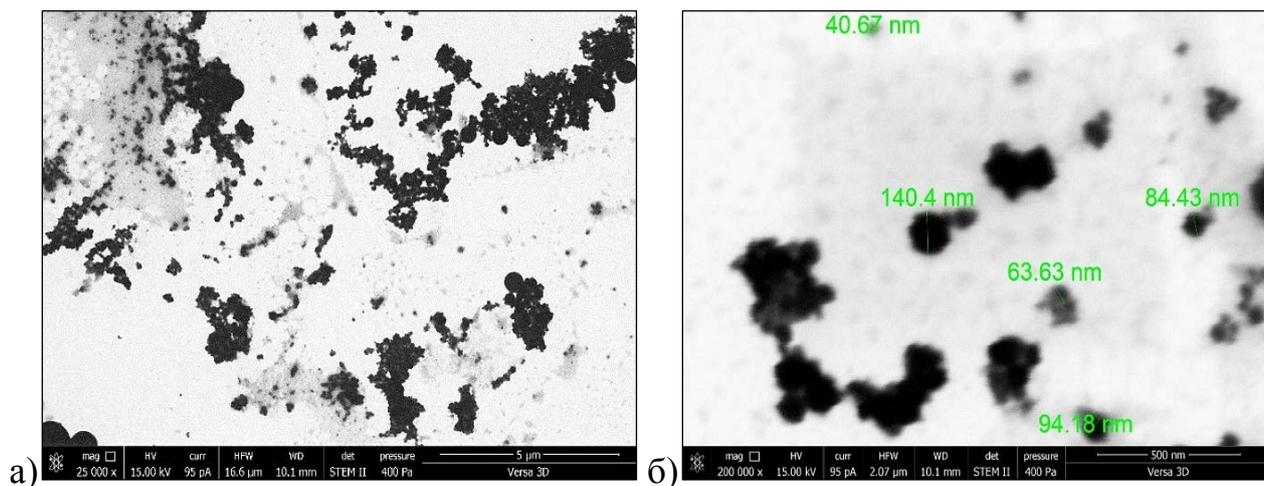


Рис. 1. Силикатная паста при увеличении: а – в 25000 раз; б – в 200000 раз

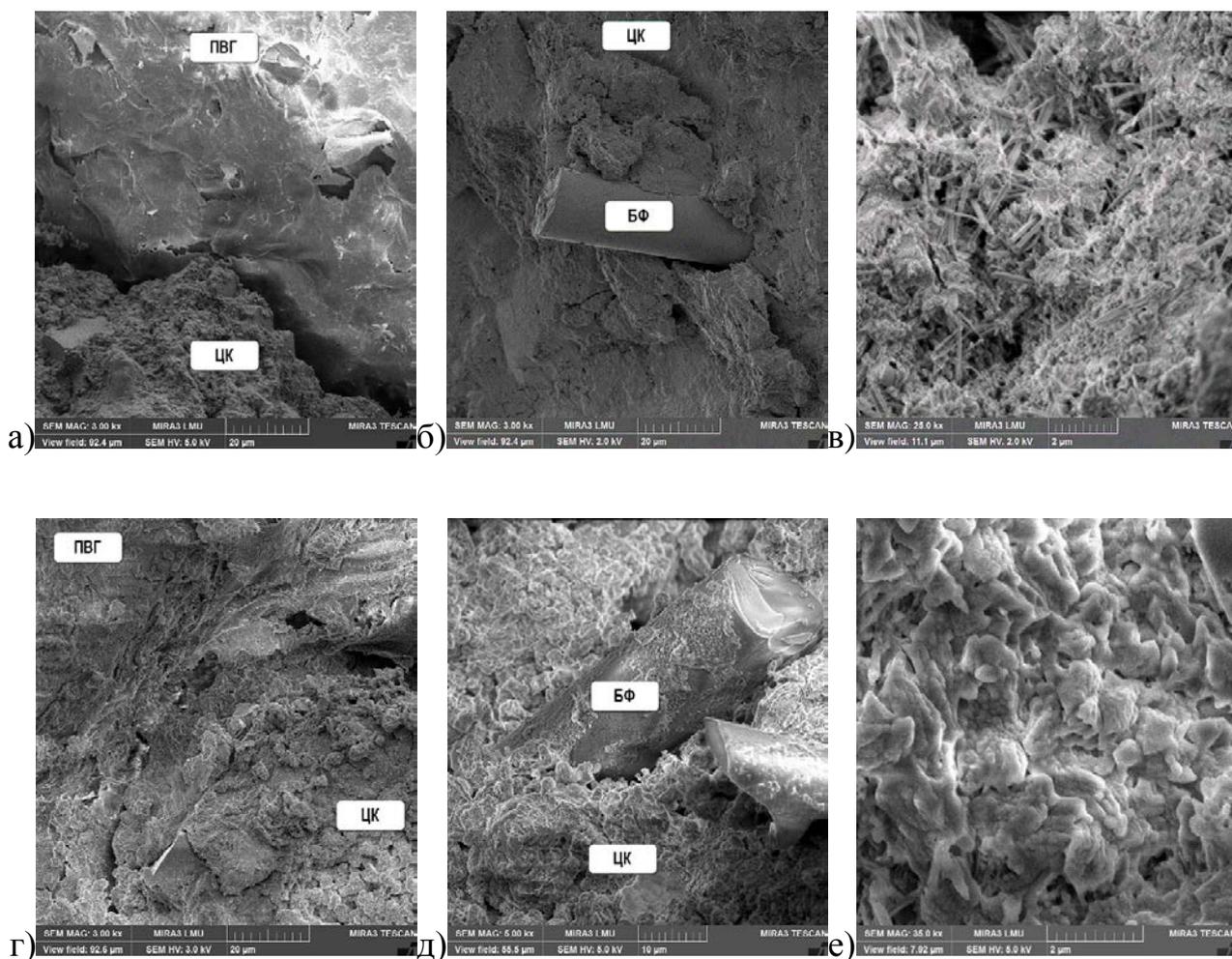


Рис. 2. Структура базальтополистиролбетона (увеличение в 3000-25000 раз): а-в – контрольный состав; г-е – состав с силикатной пастой

Заключение

Введение силикатной пасты на основе микрокремнезема и жидкого натриевого стекла в состав конструкционно-теплоизоляционного базальтополистиролбетона позволяет повысить его прочность на растяжение при изгибе от 3,7 до 5 МПа, прочность на сжатие от 6,5 до 7,7 МПа, адгезию цементного камня с гранулами вспененного полистирола от 0,09 до 0,23 МПа.

Список литературы

1. Журба О.В. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон на основе регенерированного сырья / О.В. Журба, Е.Г. Щукина, Н.В. Архинчеева [и др.] // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 50-54.
2. Баженов Ю.М. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин. М.: МГСУ, 2013. 204 с.
3. Лукутцова Н.П. Теоретические и технологические аспекты получения микро- и нанодисперсных добавок на основе шунгитосодержащих пород для бетона / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин. Брянск: БГИТА, 2013. 231 с.
4. Коротких Д.Н. Дисперсное армирование структуры бетона при многоуровневом трещинообразовании / Д.Н. Коротких // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 96-99.
5. Сарайкина К.А. Наноструктурирование цементного камня при дисперсном армировании базальтовым волокном / К.А. Сарайкина, В.А. Голубев, Г.И. Яковлев [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 34-38.
6. Урханова Л.А. Мелкозернистый базальтофибробетон с нанокремнеземом / Л.А. Урханова, С.А. Лхасаранов, В.Е. Розина [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 45-48.
7. Семенов В.С. Применение хризотилового волокна для дисперсного армирования строительных растворов / В.С. Семенов, Т.А. Розовская, А.Ю. Губский [и др.] // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 93-97.
8. Lukutsova N.P. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova, E.G. Karpikov, S.N. Golovin // Solid State Phenomena. 2018. Vol. 284. Pp. 1005-1011.
9. Lukutsova N.P. The Dependence of the Aggregate Stability to Concrete of Modifying Additives Based on Halloysite Nanotubes in Water Environment on the Character of the Stabilizer / N.P. Lukutsova, I.A. Kulesh, S.N. Golovin [et al.] // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 287-292.
10. Лукутцова Н.П. Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлуазитовых нанотрубок / Н.П. Лукутцова, С.Н. Головин // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
11. Lukuttsova N. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes / N. Lukuttsova, A. Ustinov // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10 (19). Pp. 40457-40460.

## ОБЛИЦОВКА СТЕН РЕЛЬЕФНЫМИ ПАНЕЛЯМИ ИЗ ЛДСП

Разрезов К.В., Лукаш А.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Изложены вопросы и методы создания декоративных рельефных панелей из ЛДСП для облицовки стен жилых, офисных и промышленных помещений, экономическая выгода использования стеновых панелей по отношению к другим материалам.*

Современные потребности человека и общества во внутренней отделке жилых и промышленных помещений очень обширны и различны. Некоторые предпочитают использовать текстурированные краски, рельефные обои, различного вида панели для отделки стен и потолков комнат и помещений, другие же предпочитают использовать в качестве отделки натуральные материалы, такие как камень и древесина. Наличие в вашем доме элементов, вставок или фрагментов из массивной древесины и ЛДСП придаст шарма и изыска, так как это не только красиво, но и повышает дороговизну вашего помещения.

Большинство современных дизайнеров интерьеров все чаще и чаще отдают предпочтение стеновым панелям из ЛДСП. Такие панели способны сохранить тепло в вашем доме или квартире, а из-за простоты монтажа ими можно скрыть различные изъяны и установить практически в любое место вашего помещения.

Производство таких панелей достаточно простое, что отражается на цене готовых элементов по отношению к другим панелям декора ваших стен. Большая палитра цветов облицовочных пленок и красок для ЛДСП, позволит украсить интерьер и создать абсолютно любой стиль и дизайн. Современные технологии производства ламинированных и кашированных ДСП передают с высокой точностью все оттенки и колоритность реальной древесины.

Актуальность статьи обоснована необходимостью создать стеновые панели из ЛДСП, имеющие высокие прочностные свойства, отличный внешний вид и в то же время не высокую стоимость для потребителя.

Целью исследования является создание нового продукта для внутренней отделки стен, используя доступные материалы, методы и технологии обработки древесины.

При механическом способе рельефный профиль на поверхности древесных материалов фрезеруется на станках с ЧПУ. При формировании рельефного профиля деформирующей обработкой используются упруго-вязко-пластичные свойства древесины. Под давлением древесина деформируется и выдерживается в течение определенного времени и частично сохраняет полученные деформации после снятия давления.

Известны способы деформирующей обработки лицевой поверхности массивной древесины [1, 2] и клееной слоистой древесины (фанеры) [3]. Общим недостатком для перечисленных способов является трудность последующего

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

шлифования получаемых рельефных профилей на поверхности перед лакированием. Поэтому разработан способ создания рельефного профиля на поверхности древесных материалов в пресс-форме с разной толщиной в поперечном сечении с одновременным облицовыванием ПВХ пленкой.

Под действием давления легкодеформируемый промежуточный и облицовочные слои приобретают профиль, соответствующий по форме обратному фотографическому изображению пресс-формы (оттиск). Обработываемый пакет прессуют в течение времени, необходимого для полного отверждения клея.

Легкодеформируемый промежуточный слой обеспечивает сохранение на поверхности материала профиля пресс-формы, а эластичный облицовочный слой из пленки ПВХ – сохранение целостности лицевого слоя. Качество создаваемого рельефного профиля определяется разницей толщин деформированной и недеформированных зон материала.

Возможность формированием профиля на поверхности древесных материалов подтверждена экспериментально при исследовании зависимости высоты рельефа от толщины подслоя.

### Заключение

Таким образом, применяя технологию производства рельефных панелей из ЛДСП, можно получить превосходный материал для отделки помещений, который в свою очередь, будет иметь изысканный внешний вид, низкую стоимость, за счет снижения затрат в производстве и сроках выпуска готовых декоративных элементов.

### Список литературы

1. Хуажев О.З. Формирование декоративных элементов мебели из древесины методом термопрессования: диссертация ... доктора технических наук: 05.21.05 / Хуажев Олег Закиреевич. Воронеж, 2000. 293 с.
2. Кирилина А.В. Декорирование рельефным узором поверхность деталей из древесины методом тиснения / А.В. Кирилина, Ю.И. Ветошкин // Перспективы науки-2016: матер. III междунар. заочного конкурса научно-исследовательских работ. Том 3 (Казань, 29 апреля 2016 г.). Казань: ООО «Рокета Союз». 2016. С. 258-262.
3. Лукаш А.А. Технологические особенности производства рельефной фанеры / А.А. Лукаш // Известия вузов. Лесной журнал. 2008. № 2. С. 92-96.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Соболева Г.Н., Меркушин А.Н.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Приведен анализ и возможность утилизации промышленных отходов для производства новых строительных материалов и изделий. Доказана перспектива получения новых материалов на основе отходов асбестоцементной промышленности с эксплуатационными показателями не ниже, чем материалы при производстве которых эти отходы образовывались.*

Одним из основных направлений развития промышленности строительных материалов является расширение ассортимента, повышение качества выпускаемой продукции и создание безотходных производств. Решение этой задачи предполагает не только изыскание новых источников сырьевых материалов и энергии, но и их рациональное использование.

Вовлечение в производственный процесс образующиеся промышленные отходы позволит существенно расширить сырьевую базу производства строительных материалов и изделий и, одновременно, поспособствует решению проблемы загрязнения окружающей среды, а также, что немаловажно, позволит высвободить огромные площади полезной земли, занятые этими отходами.

Количество образующихся техногенных отходов напрямую связано с объемами производства основного вида продукции и совершенством технологии ее получения. Предприятиями промышленности строительных материалов осуществляется выброс вредных веществ в атмосферу в виде пыли и взвешенных частиц (более 50 % от суммарного выброса), а также оксида углерода, диоксида серы, оксидов азота и других веществ.

Из этих выбросов более 40 % приходится на цементную промышленность, 18-20 % – на производство кровельно-изоляционных материалов, 10 % – на асбестоцементные производства, 15 % – на нерудные строительные материалы, менее 10 % – на производство бетонных и железобетонных конструкций и изделий. Однако доля загрязняющих выбросов в атмосферу от промышленности стройматериалов России составляет 3,2 %. Основной объем – приходится на топливо-энергетический комплекс (48,4 % – выбросов в атмосферу, 26,7 % сбросов, загрязняющих сточные воды, и свыше 30 % твердых отходов). На цветную металлургию – 21,6 %, состоящие из твердых отходов (отвальные металлургические шлаки, хвосты обогащения руд вскрышные породы); черную металлургию (15,2 % в виде 90 млн. т, включая – 50 млн. т доменных шлаков, 22 млн. т – сталеплавильных, 4 млн. т – ферросплавных), некоторые химические производства – в виде шламов отработанной соляной и серной кислот и т.д. [1].

Вышеперечисленные отходы относятся к отходам четвертого класса (IV – малоопасное вещество), что допускает их размещение в производстве строительных материалов и является важным фактором для соблюдения всех

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

требований к безопасности при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445 (в ред. от 03.06.2016) утвержден классификационный каталог отходов, позволяющий эффективно использовать практически все строительные отходы.

Произведенные технико-экономические расчеты [2] позволяют судить об экономической целесообразности производства строительных материалов из отходов различных отраслей промышленности. С учетом этого актуальна разработка и внедрение в производство строительных материалов прогрессивных энерго-ресурсосберегающих технологий по направлениям: использование для производства строительных материалов некондиционного сырья и попутных продуктов промышленности; использование собственных отходов производства строительных материалов с целью создания безотходных технологий; комплексное использование собственных и иных видов отходов.

Вместе с тем, проблему наличия отходов возможно рассматривать и как огромное дополнительное инновационное богатство, если правильно их использовать. В пользу этого приоритета свидетельствует, то обстоятельство, что наиболее емким потребителем промышленных отходов различных отраслей являются крупные объемы производства строительных материалов, поскольку многие отходы по своему составу и свойствам аналогичны природному сырью для их производства. Удельный вес сырья из них достигает более 50 %.

Установлено, что промышленные отходы позволяют покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах. Кроме того, промышленные отходы в ряде случаев позволяют на 10-30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством из природного сырья [2]. Из промышленных отходов возможно создавать новые строительные материалы с высокими технико-экономическими показателями.

Асбестоцементная промышленность, как и любая другая, оказывает значительное влияние на окружающую среду и возрастанию объема асбестосодержащих отходов (АЦО). Большое их количество накапливается как в процессе производства, так и при разборе асбестоцементных строительных конструкций. Объем сухих отходов на предприятиях составляет 2,5-4 % от массы выпускаемой продукции. С другой стороны, образуются влажные отходы, объем которых на некоторых заводах достигает 1,7 % от сырья в пересчете на сухую массу. Общие потери по всему технологическому циклу составляют 4-4,5 % от общего количества выпускаемой продукции, а на некоторых предприятиях количество отходов достигает 14 % [3].

Содержание хризотил-асбеста в АЦО зависит от его дозировки в шихте при производстве изделий и составляет 12-15 %. Большое значение в АЦО придается роли асбестовых волокон. Она состоит не только в армировании структуры, но также в прохождении реакций гидратации на поверхности волокон, обладающих высокой адсорбционной способностью.

Большая часть свойств АЦО определяются свойствами асбестоцементных изделий, из которых эти отходы образовывались. Химический состав асбестоцементных отходов (АЦО) различных производств представлен одними

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

и теми же компонентами, содержание и количество которых зависит от вида применяемого сырья и меняется в незначительных пределах. Основные оксиды CaO и SiO<sub>2</sub>, общее содержание которых в АЦО в среднем составляет 60 %. В состав также входит небольшое количество оксидов алюминия и магния. Минеральный состав АЦО представлен гидросиликатами, гидроалюминатами, гидроксидом и карбонатом кальция, а также хризотил-асбестом. Содержание гидратов клинкерных минералов составляет 53-58 % гидроксидов кальция и магния – 27-35 %, карбоната кальция 15-20 %, асбеста – 6-20 %. В размолотых отходах есть клинкерные минералы с гидратной оболочкой [4]. Присутствие негидратированных минералов объясняется неполной гидратацией цемента в процессе производства и обработки изделий.

### Заключение

Таким образом, актуальна разработка и внедрение в производство строительных материалов энерго-ресурсосберегающих технологий. Отходы асбестоцементной промышленности пригодны для использования в производстве строительных материалов, так как обладают рядом полезных свойств: присутствие в АЦО гидроксидов кальция и магния негидратированных клинкерных минералов определяет вяжущие свойства АЦО; отходы производств, в которых используется портландцемент с активной гидравлической добавкой, содержат повышенное количество активного кремнезема; во всех видах отходов присутствуют отходы асбеста, проявляющие не только армирующие, но и структурообразующие свойства. Для повышения прочности и улучшения других свойств материалов и изделий на основе с использованием АЦО необходимо предусматривать специальные меры. Эти меры ведут к удорожанию строительных материалов, но позволяют получить принципиально новые композиционные материалы, удовлетворяющие требованиям современного рынка.

### Список литературы

1. Киюцен Л.И. Вторичные ресурсы в производстве строительных материалов: определяем экономическую эффективность использования / Л.И. Киюцен // Справочник экономиста. 2016. № 10.
2. Усов Б.А. Экология и производство строительных материалов / Б.А. Усов, Г.Э. Окольников, С.Ю. Акимов // Системные технологии. 2015. № 4. С. 84-105.
3. Багаутдинов А.А. Стеновой материал на основе сухих асбестоцементных отходов / А.А. Багаутдинов, Г.И. Горчаков // Строительные материалы. 1996. № 3. С. 24-25.
4. Багаутдинов А.А. Утилизация асбестоцементных отходов в производстве строительных материалов / А.А. Багаутдинов, С.М. Нейман // Строительные материалы. 1993. № 4. С. 5-8.

## ПОЛУЧЕНИЕ ДЕКОРА НА ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Турчина К.И., Лукаш А.А., Никишова Е.Д.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Предложен способ декорирования деталей из древесных композиционных материалов из лущеного шпона, обоснованы условия формирования рельефа с соблюдением целостности поверхностного слоя для производства отделочных строительных материалов – стеновых панелей.*

В настоящее время в домостроении применяются различные виды синтетических материалов. Но усиливается тенденция к использованию экологически самых экологически безопасных материалов из древесины. Древесина мягких лиственных пород не обладает ярко выраженной текстурой, что ограничивает ее использование как отделочного материала. Создание декоративного поверхностного рисунка (рис. 1) обеспечит улучшение внешнего вида и потребительского спроса на эту продукцию [1].



Рис. 1. Рельефная фанера из древесины березы, ольхи и осины

Недостаток данного способа заключается с необходимостью применения нагрева для повышения пластичности древесины, что увеличивает энергетические расходы. Менее энергозатратным будет получение поверхностного рельефа холодным способом [2].

Технология изготовления лущеного достаточно хорошо отработана. Лущеный шпон от его перегиба ножом в процессе лущения содержит поперечные трещины. Вследствие этого плотность шпона несколько ниже, чем плотность массивной древесины. Снижение плотности обеспечит повышение деформативности шпона. Проведены исследования по установлению возможности декорирования поверхности фанерной продукции холодным способом.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

При проведении исследований применялся березовой лущеный шпон толщиной 1,15 мм. Прессование производилось на прессе П-713. Деформационная обработка применялась одновременно со склеиванием семислойного пакета шпона под давлением 8 МПа в течение 10 минут. В качестве прессующих элементов использовались металлический стержни диаметром 11 мм (рис. 2, а), которые устанавливались на поверхности перед склеиванием пакета шпона (рис. 2, б).

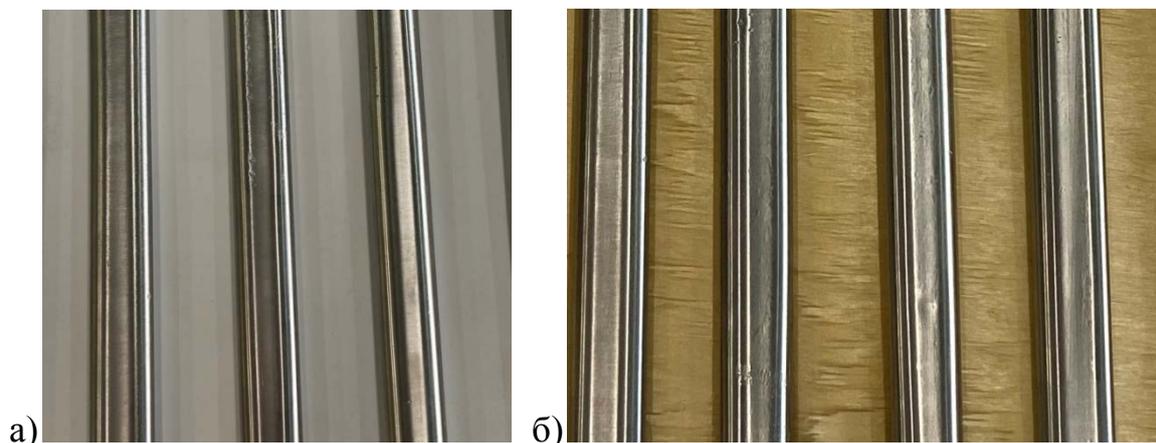


Рис. 2. Стержневые прессующие металлические элементы и их установка при склеивании шпона

Расстояние между стержнями фиксировалось металлическими пластинами разной ширины. При проведении исследования учитывалось также направление наружных волокон. При расстоянии 21 мм между прессующими стержнями и перпендикулярным направлением наружных волокон происходило разрушение наружных слоев (рис. 3, а).

Расстояние между прессующими стержневыми элементами также влияет на процесс деформирующей обработки. На рис. 3 (б) показана поверхность образца, полученного с продольным направлением волокон и расстоянием между прессующими элементами – 50 мм. На поверхности имелись вздутия и плохо проклеенные места.

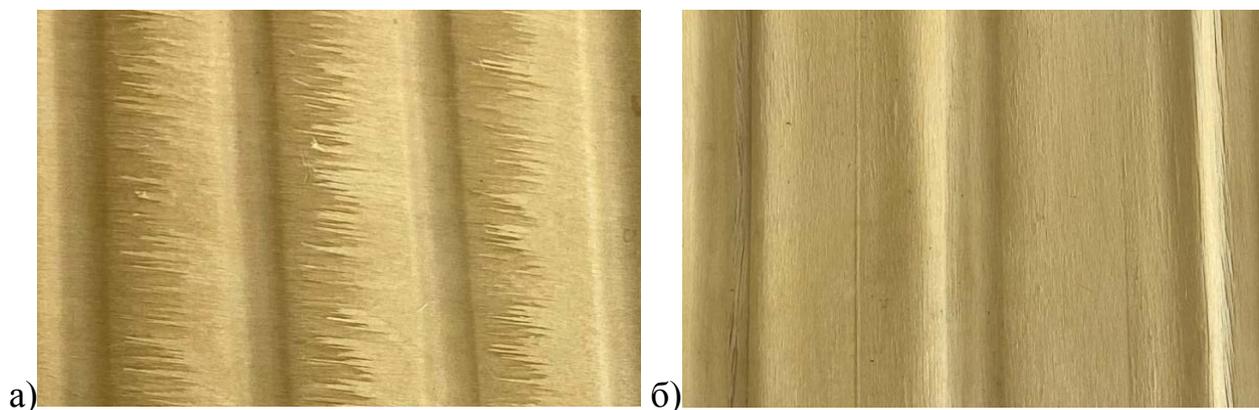


Рис. 3. Вид поверхности с рельефным декоративным рисунком

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

На рис. 4 показана поверхность образца, полученного с продольным направлением волокон и расстоянием между прессующими элементами – 32 мм. Поверхность образца не содержала вздутия и плохо проклеенные места.



Рис. 4. Поверхность образца, полученного с продольным направлением волокон и расстоянием между стержнями 32 мм

### Заключение

Повысить декоративные свойства с маловыразительной текстурой мягколиственной древесины возможно созданием поверхностного декора. Использование прессующих элементов в виде металлических стержней обеспечивает возможность декорирования поверхности фанерной продукции при склеивании холодным способом. Применение лущеного шпона с меньшей плотностью древесины березы улучшает деформационную способность прессуемого материала. Для получения декоративной поверхности фанеры без вздутий и расслоений при диаметре прессующих элементов 11 мм и расстоянии между ними 32 мм, а стержни должны располагаться параллельно направлению волокон.

### Список литературы

1. Лукаш А.А. Формирование фактуры с ярко выраженной текстурой на поверхности древесины / А.А. Лукаш // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. трудов по итогам междунар. науч.-техн. конф. Брянск: БГИТУ. 2020. С. 183-187.
2. Кирилина А.В. Художественно-декоративный вид отделки деталей из древесины лиственных пород методом тиснения / А.В. Кирилина, Ю.И. Ветошкин // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Турчина К.И., Лукаш А.А., Никишова Е.Д.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрены современные способы декоративной отделки поверхности деталей из древесины лиственных пород, определена экономическая эффективность их применения.*

В настоящее время для получения декоративного рисунка на поверхности древесных материалов часто прибегают к художественной и декоративной отделке мебельных деталей, внутренней или внешней поверхности. Нанесение различных декоров на поверхность изделия придает им дополнительную ценность и улучшает их потребительские свойства, повышает стоимость изделий.

Существуют различные способы декоративной отделки поверхности деталей из древесины. Наиболее распространенными являются резьба, фрезерование на станках с ЧПУ, лазерная гравировка и деформирующая обработка – тиснение (рис. 1).

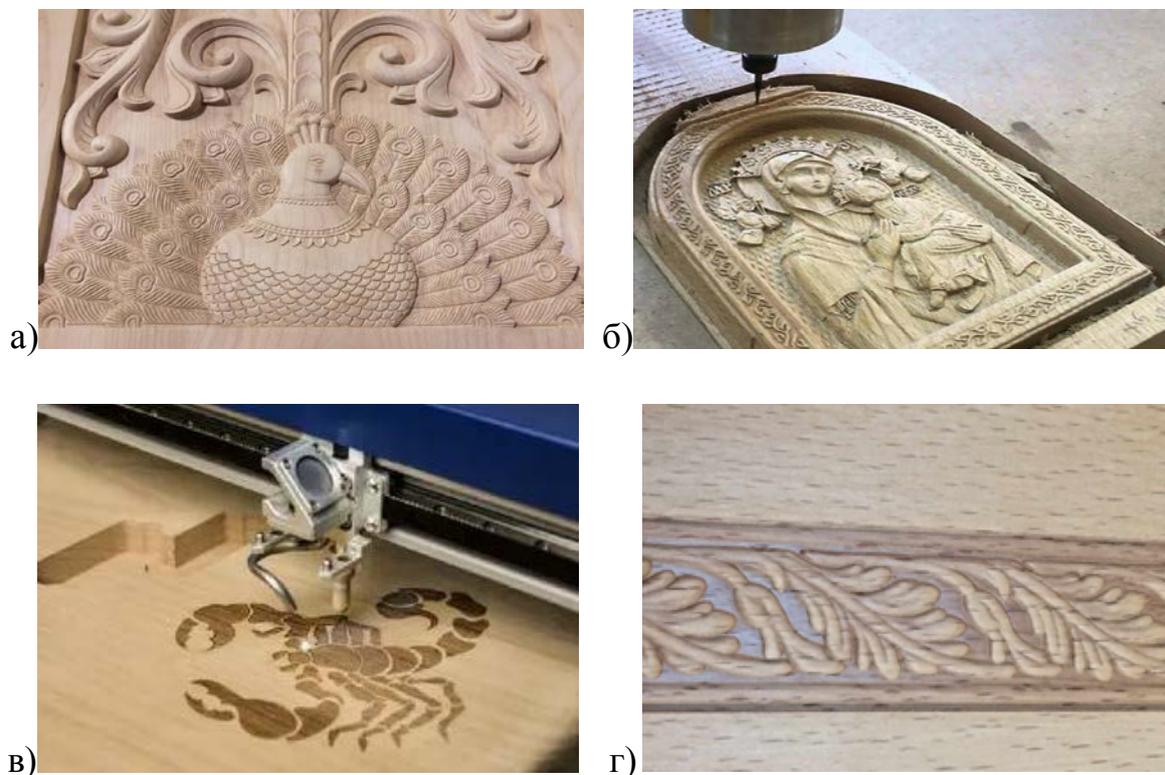


Рис. 1. Способы декоративной отделки поверхности деталей из древесины:  
а – резьба; б – обработка на станках с ЧПУ; в – лазерное гравирование;  
г – деформирующая обработка (тиснение)

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Первый способ – ручная резьба требует участия в обработке высококвалифицированных работников, и к тому же данный способ малопроизводителен. Для обработки на станках с ЧПУ и лазерном гравировании необходимо дорогостоящее импортное оборудование, применение которого может быть ограничено в условиях постоянного санкционного давления со стороны промышленно развитых стран Запада. К тому же для работы на этом оборудовании необходимо постоянно обновляющееся программное обеспечение.

Способ деформирующей обработки создания декоративного рисунка (тиснение) лишен выше указанных недостатков и может выполняться на отечественном прессовом оборудовании. Тиснение может производиться без нагрева [1] и с нагревом [2]. Отличительной особенностью способа художественно-декоративной отделки холодным тиснением поверхности деталей из древесины является то, что при формировании рельефного оттиска сокращается время, трудозатраты и энергозатраты технологического процесса, по сравнению с традиционным способом горячего тиснения древесины.

Как правило, древесина представляет собой эластично-вязко-пластичный материал, который может деформироваться при загрузке и восстановлении деформируемых клеток после снятия нагрузки. При сохранении целостности волокон на поверхности дерева могут возникать различные рельефные эффекты.

Совершенствование художественно-декоративного способа отделки является весьма актуальным, так как позволяет минимизировать деформации детали при погрузке, сохранить фактуру и фактуру древесины, улучшить качество художественно-декоративной отделки, снизить энергозатраты.

Существующие методы создания декоративного рисунка на поверхности и древесины основаны на использовании деформирующей обработки в прессе. В некоторых случаях с использованием различных решений для деревообработки.

Технологии деревообрабатывающих предприятий направлены на совершенствование и развитие сложившихся методов декоративной отделки. Изготовление техники холодной штамповки поверхности деревянных деталей представляет собой новый вид декорирования с использованием упрощенной технологии существующего метода тиснения [1]. Метод отделки художественной декоративной холодным тиснением перспективен, экономичен и обеспечивает необходимое качество продукции.

В таблице 1 приведен расчет стоимости художественно-декоративных видов отделки за 1 дм<sup>2</sup> различными способами резьбой; обработкой на станках с ЧПУ; лазерным гравированием; горячей и холодной – деформирующей обработкой (тиснением) [1].

Способ получения декоративной отделки поверхности деталей из древесины холодным тиснением является наиболее экономичным по сравнению с другими способами, так как имеет наименьшую стоимость обработки единицы площади поверхности.

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

Таблица 1 – Стоимость художественно-декоративных видов отделки различными способами за 1 дм<sup>2</sup> поверхности

Наименование вида отделки	Стоимость отделки 1 дм <sup>2</sup> поверхности детали из древесины, руб.
Холодное тиснение	779
Горячее тиснение	2085
Фрезеровка на ЧПУ	1750
Резьба	3200
Лазерная гравировка	2050

### Заключение

Ручная резьба требует участия в высоко квалифицированных работников. Для обработки на станках с ЧПУ и лазерном гравировании необходимо дорогостоящее импортное оборудование, применение которого может быть ограничено в условиях постоянного санкционного давления со стороны развитых стран Запада. К тому же для работы на этом оборудовании необходимо постоянно обновляющееся программное обеспечение. Отличительной особенностью способа художественно-декоративной отделки холодным тиснением поверхности деталей из древесины является то, что при формировании рельефного оттиска сокращаются энергозатраты. Способы получения декоративной отделки поверхности деталей из древесины холодным тиснением является наиболее экономичным по сравнению с другими способами, т.к. имеет наименьшую стоимость обработки единицы площади поверхности.

### Список литературы

1. Кирилина А.В. Художественно-декоративный вид отделки деталей из древесины лиственных пород методом тиснения / А.В. Кирилина, Ю.И. Ветошкин // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.
2. Лукаш А.А. Формирование фактуры с ярко выраженной текстурой на поверхности древесины / А.А. Лукаш // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. трудов по итогам междунар. науч.-техн. конф. Брянск: БГИТУ. 2020. С. 183-187.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Федоров В.Г., Глотова Т.И.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрены вопросы применения инновационных технологий в сфере проектирования и строительства деревообрабатывающих предприятий. Описаны эффективность современных технологий, вопросы применения робототехники и искусственного интеллекта в строительстве и контролирующих органах охраны труда.*

«Будущее» уже наступило: технологический прогресс уже превзошел все представления фантастов, описывающих далекое будущее. Только представьте, что гигантский мост может быть построен без участия людей: с помощью дронов, машин и искусственного интеллекта.

Робототехника, искусственный интеллект и Интернет позволяют снизить затраты на проектирование и строительство предприятий. Данные технологии позволяют проектировщикам «пройтись» по проектируемому зданию в очках виртуальной реальности, а строителям отправлять вместо себя на стройку роботов.

Камеры и датчики отчитываются о каждом изменении на площадке и сигнализируют об опасности. Система искусственного интеллекта отслеживает взаимодействие рабочих, машин и объектов в режиме реального времени, чтобы предотвратить любые ошибки и обезопасить весь процесс. А управлять всеми процессами можно просто через компьютер или смартфон, находясь в сотнях тысяч километрах от самой стройплощадки.

Искусственный интеллект в проектировании и строительстве деревообрабатывающих предприятий – это инновационная технология, появившаяся в последние годы, которая полностью позволяет изменить подход к строительству. Уже сейчас многие технологии, которые казались фантастикой, входят в повседневную жизнь инженеров и строителей.

Рассмотрим, как искусственный интеллект может совершенствовать строительную отрасль. На подготовительных этапах умная техника может обследовать будущую строительную площадку и собрать информацию, необходимую для создания 3D-карт, чертежей и планов строительства предприятия. Это довольно трудоемкий процесс, занимающий достаточно времени, если заниматься им вручную. Но искусственный интеллект позволяет сделать все это в несколько раз быстрее [1-4].

Строительные работы всегда были местом, где требовалась сила и физическая выносливость. Современные технологии позволяют использовать совершенно другие силы (рис. 1).

Тяжелую работу берут на себя роботы и экзоскелеты. Уже существует

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

несколько строительных роботов с искусственным интеллектом, способных выполнять широкий спектр задач, связанных со строительной площадкой. Они могут справляться с рутинными задачами, снизить стоимость проекта, повысить безопасность на стройке. Например, стартап Canvas создал робота с искусственным интеллектом, который может заняться отделкой стен при укладке гипсокартона.



Рис. 1. Строительный робот

Built Robotics создала экскаваторы-беспилотники, которые программируются с помощью геозон, оборудованы датчиками, камерами и радарами. Они могут работать круглосуточно и управляться дистанционно. Появились роботы-каменщики, роботы-сварщики, роботы по заливке бетона. Они помогают увеличить рабочую силу на объектах, снизить затраты на оплату труда и обеспечить выполнение проекта в срок.

Многие из них еще не нашли массового распространения, но час «умной техники» скоро придет. Прорабов, маляров и штукатуров на стройках уже через пять-десять лет смогут заменить роботы. Следить за выполнением работ и контролировать рабочих на объекте преимущественно будет система машинного зрения.

В качестве одного из самых фантастических проектов, который может быть реализован уже в этом 2024 году, можно привести строительство гигантской 180-метровой плотины в Китае. Ее собираются возводить без непосредственного участия человека, с использованием роботов, 3D-печати и искусственный интеллект, который возьмет на себя управление всем процессом возведения сооружения. Если план будет реализован, ГЭС будет производить столько электроэнергии, что ее хватит для обеспечения 50 млн. домов.

Если отвлечься от глобальных перемен, которые ждут в будущем, то на данный момент самое широкое распространение на стройплощадках получили беспилотники. Дроны используются для съемки сверху, что позволяет получить

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

более полное представление о площадке на различных этапах строительного проекта. Они могут использовать искусственный интеллект, чтобы сопоставлять чертежи с аэрофотосъемкой земли. Нейронные сети помогают проверять изображения и сравнивать их с другими несоответствиями конструкции. Так обнаруживают любые потенциальные риски для здания до того, как они произойдут, экономя время и деньги.

Носимые устройства – разные гаджеты, такие как умные часы, умные костюмы с датчиками, каски. Они помогают представлять большие объемы данных о рабочих площадках. Искусственный интеллект в строительстве собирает и анализирует всю информацию, проводит анализ рисков. В странах СНГ уже проводили цифровое дублирование деятельности рабочих.

Строители разных специальностей носили умные костюмы с датчиками, позволяющими отслеживать все их действия. «Умный костюм» может сообщить бригадиру о том, что сотрудник нарушает правила безопасности. А сенсорные датчики отслеживают показатели жизнедеятельности человека и сигнализируют в случае опасности.

Такие технологии уже используются в странах СНГ. Например, в Москве при строительстве экспериментального учебного корпуса школы применили технологии с носимыми устройствами и высокоточной видеоаналитикой на базе искусственного интеллекта. Каждому сотруднику был присвоен идентификационный маркер, с помощью которого ПО отслеживало количество сотрудников на строительной площадке и фиксировало нарушения техники безопасности.

Для проверки качества монтажа строительных лесов и автоматической фиксации выявленных нарушений на каждый конструктивный элемент вспомогательных сооружений нанесли соответствующий фидуциальный маркер, а полный перечень видов строительных лесов был занесен в ПО.

По всему периметру строительной площадки были размещены статичные ip-камеры, которые вели мониторинг сооружения строительных лесов и регистрировали действия находящихся на объекте сотрудников. Также, для считывания цифровых маркеров были установлены экшен-камеры на касках рабочих.

Распознавание потока изображений, получаемых с камер видеонаблюдения, происходило в режиме реального времени. При отклонении полученных данных от нормативных супервайзеру приходило сообщение.

Buildots – технологическая компания из Тель-Авива, которая создала носимую систему машинного обучения, способную выявлять несоответствия между моделями BIM и незавершенным строительством. Камера 360-градусного обзора, установленная на шлеме пользователя (рис. 2), делает снимки участка и сравнивает результаты с виртуальной моделью, хранящейся в BIM. Затем просматривает изображения в поисках отклонений от расписания, неправильных установок и частично выполненных задач, отображая исчерпывающий отчет в приложении компании.

Еще одна многообещающая технология – «умные очки». Они используют дополненную реальность для наложения слоев данных и графики на

## Секция 1. Инновационные строительные материалы

пространство. Беспшовная интеграция смарт-очков с компьютерными системами на базе ИИ ждет уже в ближайшие годы.

Представьте, что вы идете по строительной площадке, надев интеллектуальную гарнитуру, подключенную к 360-градусной камере с искусственным интеллектом. Изображение BIM-модели накладывается на существующую картинку, а искусственный интеллект автоматически выявляет несоответствия в режиме реального времени.



Рис. 2. Градусный обзор на шлеме

### Заключение

Прогресс не стоит на месте. Уже существующие технологии позволяют сократить затраты и сроки строительных работ. Выполнять опасные для жизни человека работ, без его участия. Интересно, что нас еще ждет в будущем, ведь прогресс идет большими шагами вперед.

### Список литературы

1. Топ-5 строительных инноваций 2023 года [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZI8Ar9HJf3DXQ3X5>.
2. Касимов Р.Г. Инновации в строительстве и реконструкции зданий и сооружений / Р.Г. Касимов, Т.К. Белова. Оренбург: ОГУ, 2021. 119 с.
3. Современные технологии в строительстве: что ждет нас в будущем [Электронный ресурс]. URL: <https://darstroy-yug.ru/articles/sovremennye-tehnologii-v-stroitelstve/>.
4. Инновации в строительстве: Топ-10 инновационных решений [Электронный ресурс]. URL: <https://spec-vektor.ru/blog/innovatsii-v-stroitelstve-top-10-innovatsionnykh-reshenij>.

## **ВЫБРОСЫ CO<sub>2</sub> ОГРАЖДАЮЩИМИ СТЕНОВЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В ТЕЧЕНИЕ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

Бакаева Н.В.<sup>1</sup>, Плотникова С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия)

<sup>2</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе приведены результаты оценки выбросов углекислого газа в течение жизненного цикла различных ограждающих конструкций каркасных многоэтажных зданий по разработанной методике, позволяющей выполнить расчет воплощенной энергии и выбросов углерода на 1 м<sup>2</sup> стены с учетом всех стадий жизненного цикла наружных стен: стадии производства строительных материалов, изделий и конструкций, стадии строительства, стадии эксплуатации и стадии окончания срока службы.*

Наружные стены являются одним из основных компонентов теплозащитной оболочки и во многом определяют экологические показатели зданий. В зарубежных странах и России принято множество нормативных документов, касающихся конструктивных и тепловых характеристик ограждающих конструкций, в то время как совокупный выброс CO<sub>2</sub> и экономическая стоимость различных наружных стен требуют дальнейшего изучения.

Разработанная методика предусматривает расчет воплощенной энергии и выбросов углекислого газа 1 м<sup>2</sup> наружного стенового ограждения с учетом его всех стадий жизненного цикла: стадии производства строительных материалов, изделий и конструкций, стадии строительства, стадии эксплуатации и стадии окончания срока службы.

Для расчета воплощенной энергии и выбросов CO<sub>2</sub> в течение жизненного цикла традиционных и инновационных ограждающих конструкций использована разработанная для этих целей программа ЭКО (Экология Конструкций Ограждения) с соответствующей базой данных и выполняющая расчеты в соответствии с вышеизложенной методикой.

Произведенный по разработанной методике расчет выбросов CO<sub>2</sub> в течение жизненного цикла традиционных и инновационных наружных стен с одинаковым и разным сопротивлением теплопередаче показал возможность снижения выбросов углерода до 30-35 % в течение жизненного цикла строительных объектов.

Ниже представлено исследование четырех наружных стен для многоэтажных зданий с каркасом из монолитного железобетона с одинаковым сопротивлением теплопередаче, равным базовому значению требуемого сопротивления теплопередачи для города Брянска  $R_o^{mp} = 2,932$  (м<sup>2</sup>·°C/Вт).

Конструктивное решение исследуемых стен представлено в табл. 1.

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

Таблица 1 – Конструктивное решение наружных стен для каркасных зданий

№ стены	Конструктивное решение и толщина слоев (в направлении от внешней грани к внутренней грани стены)
Стена 1	1. Керамический облицовочный кирпич, 120 мм
	2. Конструкция среднего слоя
	2.1. Монолитный пенобетон плотностью 400 кг/м <sup>3</sup> на основе портландцемента, 350 мм
	2.2. Каркас из металлопрофиля для крепления несъемной опалубки
	3. Несъемная опалубка из водостойкого гипсокартона, 12,5 мм
Стена 2 [1]	1. Керамический облицовочный кирпич, 120 мм
	2. Конструкция среднего слоя
	2.1. Монолитный пенобетон плотностью 400 кг/м <sup>3</sup> на основе бесцементного вяжущего, 350 мм
	2.2. Каркас из металлопрофиля для крепления несъемной опалубки
	3. Несъемная опалубка из водостойкого гипсокартона, 12,5 мм
Стена 3	1. Силикатный кирпич, 120 мм
	2. Минеральная вата плотностью 140 кг/м <sup>3</sup> , 100 мм
	3. Автоклавный газосиликатный блок плотностью 400 кг/м <sup>3</sup> , 200 мм
	4. Штукатурный слой из цементного раствора, 20 мм
Стена 4 [2, 3]	1. Силикатный кирпич, 120 мм
	2. Автоклавный газосиликатный блок переменной плотности 200-400 кг/м <sup>3</sup> , 360 мм
	3. Штукатурный слой из цементного раствора, 20 мм

Выбросы CO<sub>2</sub> на различных этапах жизненного цикла стен и общие выбросы на 1 м<sup>2</sup> исследуемых стен приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2 – Сравнение общих выбросов CO<sub>2</sub> и на различных этапах жизненного цикла стен (кг CO<sub>2экв</sub>/м<sup>2</sup>) с одинаковым сопротивлением теплопередаче

Этапы жизненного цикла стен	Стена 1	Стена 2	Стена 3	Стена 4
Этап производственный	64,43	53,23	60,16	49,06
Этап транспортировки	2,38	2,33	2,05	1,98
Этап строительства	0,49	0,50	0,59	0,52
Этап эксплуатации	3,18	3,18	14,85	3,15
Этап сноса	0,05	0,05	0,06	0,05
Общие выбросы	71,53	59,29	77,71	54,76

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

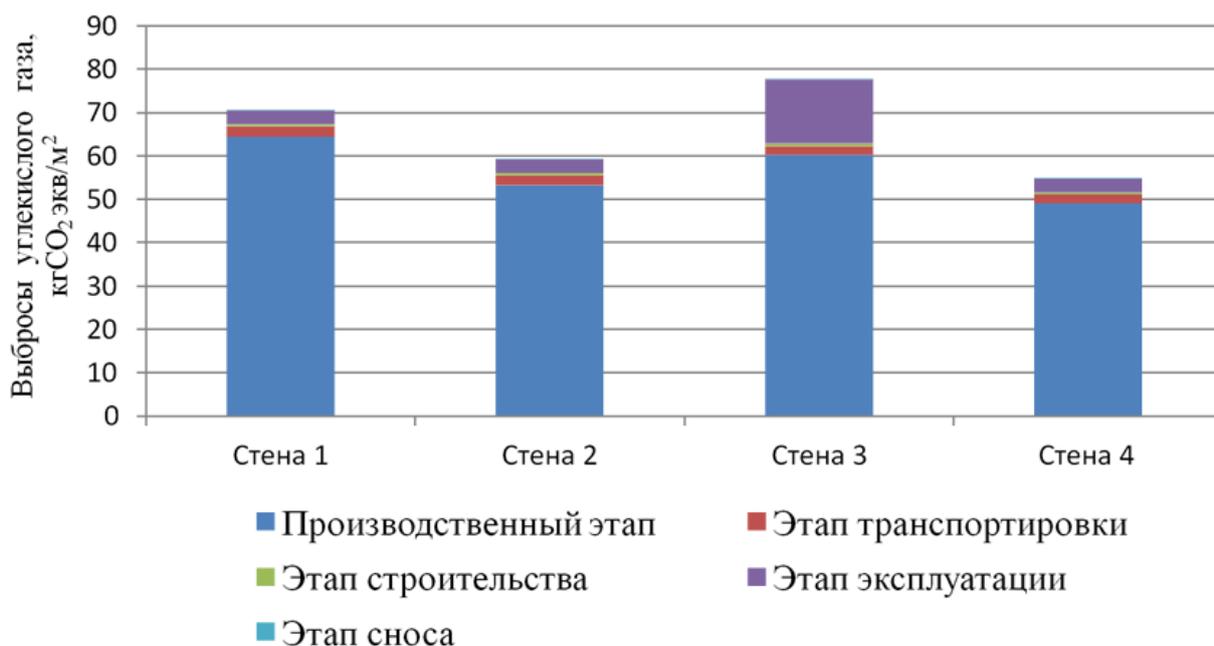


Рис. 1. Оценка выбросов углекислого газа за весь жизненный цикл исследуемых стен

### Заключение

1. Для снижения воплощенной энергии и выбросов углекислого газа на стадии проектирования зданий необходимо рассматривать различные конструктивные решения наружных стен и используемые материалы с учетом их жизненного цикла и особенностей региона.

2. Разработанная методика и программа для ее реализации позволяют оценить воплощенную энергию и выбросы углерода с учетом всех стадий жизненного цикла наружных стен.

3. Применение инновационных конструктивных решений стен и фасадов, а также строительных материалов позволяет уменьшить выбросы углерода до 30-35 % за весь период жизненного цикла стен.

### Список литературы

1. Плотников В.В. Ограждающие конструкции зданий с применением бесцементного пенобетона / В.В. Плотников, М.В. Ботаговский, С.В. Плотникова // Строительство и реконструкция. 2015. № 6 (62). С.112-119.

2. Конструкция самонесущей энергосберегающей стены: пат. на полезную модель № 184030. Рос. Федерация. № 2018122918 / С.В. Плотникова; заявл. 22.06.2018; опубл. 12.10.2018, Бюл. № 29.

3. Плотников В.В. Инновационные фасады и ограждающие конструкции для повышения энергоэффективности и экологической безопасности зданий: монография / В.В. Плотников, С.В. Плотникова. Брянск, БГИТУ, 2021. 243 с.

## ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРУДОЕМКИХ РУЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Галаганова В.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Низкий уровень производительности труда и травматизм, связанный с достаточно высоким уровнем ручных операций в условиях отсутствия возможности их механизации, обосновывают актуальность решения данной проблемы. Высокий потенциал имеет направление в применении экзоскелетов для преумножения физических возможностей производственного персонала.*

Объем жилищного фонда пятиэтажек в Брянске составляет порядка 5 млн. м<sup>2</sup> общей площади, в котором проживает более 95 тыс. чел.). При этом в городе ежегодно вводится порядка 170 тыс. м<sup>2</sup> нового жилого фонда.

Так, вопрос повышения производительности труда и травматизм рабочего персонала напрямую связан с наличием значительного объема ручных операций. Наличие ручных операций объясняется отсутствием стопроцентной механизации технологических процессов. Среди «лидеров» – монтажные, отделочные и погрузочно-разгрузочные процессы, являющиеся главными источниками высокой стоимости и продолжительности работ, а также производственного травматизма (рис. 1).



Рис. 1. Типы несчастных случаев на производстве [3]

Целью данного направления исследований является не только изучение приоритетных направлений повышения результативности и безопасности технологических процессов с наличием значительного объема ручных операций, но и выявление инновационных способов решения проблемы роста производительности труда в строительстве.

Как известно, на производительность труда в строительстве влияют как внешние, так и внутренние факторы: материально-технические, организационные, социально-экономические [4].

Основные направления и факторы повышения результативности труда в

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

строительстве:

- технико-технологические факторы;
- факторы совершенствования организации и управления строительным производством;
- факторы социального и социально-экономического характера.

Промышленные экзоскелеты – это бюджетная альтернатива автоматизации строительного процесса при выполнении трудоемких ручных операций [1].

Защитные экзоскелеты еще не стали мейнстримом, но они являются растущей тенденцией в строительной отрасли, и их упоминают как одну из интересных инноваций, способных преумножить физические возможности человека.

Использование экзоскелетов привело к снижению производственного травматизма. Ford Motor Company использовала их в 2011 году, и с тех пор количество зарегистрированных производственных травм в подразделениях, использующих экзоскелет, снизилось на 83 % [3].

Известен мировой опыт инновационного оснащения экзотехнологией, среди них:

- Cray X, German Bionic, Германия. Экзоскелет грузоподъемностью новинки достигает 28 кг. Вес экзоскелета достигает 7,4 кг;
- Раехо, Ottobock, Германия. Пассивный механический экзоскелет, предназначенный для заводских рабочих;
- Robo-Mate, Европа. Прототип экзоскелета для использования в условиях промышленного производства;
- МАТЕ-ХТ, Comau, Италия. Пассивные экзоскелеты призваны улучшить условия труда, сократить физические нагрузки, повысить точность работы и оптимизировать эргономику;
- EksoVest, Ekso Bionics, США. Пассивный промышленный экзоскелет, снижающий нагрузки на руки сотрудников, вынужденных подолгу держать тяжелое оборудование над головой. Устройство снимает от 2,3 до 6,8 кг нагрузки;
- EVO, Ekso Bionics. Легкий, гибкий и максимально комфортный комплекс Evo, сохранивший все преимущества предшественника EksoVest, предназначенный для «устранения риска травм шеи, плеч и спины»;
- SuitX Back, US Bionics, США. Профессиональное устройство для компенсации нагрузок в области спины;
- SafeLift, Verve Motion, США. Мягкий активный экзоскелет, адаптирующийся к движениям хозяина и снижающий нагрузку на спину на 30-40 %. Устройство минимизирует риск травм и усталость владельца, весит около 2,5 кг и работает свыше 12 ч без подзарядки. Снять и одеть SafeLift можно примерно за 30 с [2];
- VEX, Hyundai, Южная Корея. Компания Hyundai представила экзоскелет весом всего 2,5 кг, предназначенный для строителей, работников склада и других людей, занимающихся тяжелым физическим трудом;
- ExoBelt, ExoAtlant (Экзоатлант), Россия. Первый российский

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

промышленный экзоскелет, позволяющий снизить нагрузку на позвоночник во время подъема и переноски грузов, избежать травматизации рабочих и уменьшить процент инвалидизации. Компания заявляет о снижении негативного воздействия от нагрузки не менее, чем на 40 %;

- Норникель (Цифровая лаборатория Норникеля и ЮЗГУ), Россия. Текущий вес экзоскелета – около 18 кг. Экзоскелет оснащен электроприводами и гравитационными компенсаторами. Общее время тестовых испытаний образцов экзоскелета – более 600 ч;

- X-Soft, Ресерч энд Девелопмент МГТУ и Экзорайз, Россия. Мягкий пассивный промышленный экзоскелет. Гибкое и прочное основание и встроенный корсет компенсируют нагрузку на позвоночник и корректируют осанку. Выполнен из износостойких и жаропрочных материалов.

### Заключение

Повышение производительности труда и травматизм рабочего персонала напрямую связан со значительным объемом ручных операций, а их наличие объясняется отсутствием полной механизации технологических процессов. В работе были рассмотрены промышленные экзоскелеты отечественного и зарубежного производства.

Исследование позволило установить, что:

- значительная часть происшествий производственного травматизма связаны со слабой технической оснащённостью строительных рабочих;
- обеспечение роста производительности труда возможно за счет повышения технического уровня производства;
- повышение эффективности производственных процессов предопределяются системой организационно-технологической подготовки производства.

### Список литературы

1. Бухтияров И.В. Промышленные экзоскелеты как средства обеспечения промышленной безопасности. Нормативно-техническое регулирование. Безопасность труда в промышленности / И.В. Бухтияров, А.М. Герегей, А.Р. Ефимов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2020. 57 с.

2. Волков А.А. Совершенствование научно-методических подходов к организации трудоемких демонтажных работ на объектах техногенных катастроф: дис. Строительство наук: 08.04.01. Брянск, 2022. 64 с.

3. Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях. Таблицы из бюллетеня «Производственный травматизм в Российской Федерации в 2021 году» // Федеральная служба государственной статистики. URL: [https://rosstat.gov.ru/working\\_conditions?print=1](https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1).

4. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. Москва: Госстрой России, 2001. 48 с.

## **ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Комков А.В., Сергеева Н.Д.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Работа посвящена актуальной проблеме нормативно-правового регулирования эксплуатации промышленных роботов в строительстве. Затронута проблема подготовки проектной документации на демонтажные работы в процессе реновации жилищного фонда Российской Федерации. Рассмотрены сферы применения промышленных роботов и случаи травматизма с их участием. Проведен анализ нормативно-правовой основы требований безопасной эксплуатации автоматизированной строительной техники, роботов и манипуляторов. В результате чего было выявлено отсутствие регламентирующих документов в России. Предложены некоторые рекомендации по дальнейшему совершенствованию нормативно-правовой основы безопасной организации работы человека и роботизированной техники на демонтажных работах.*

В ходе активного процесса реновации жилищного фонда 1970-1990 годов постройки в Российской Федерации проявились ряд технико-технологических и организационно-правовых проблем. К их числу относятся проблема подготовки проектной документации на демонтажные работы в виду сложности оценки количества и объема работ на зданиях различных стандартных серий. Это приводит к непрозрачности бюджетирования процессов реновации.

Отметим так же, что процесс строительно-монтажных и демонтажных работ выполняется не на 100% механизированным способом.

Доля комплексной механизации в строительных процессах:

96 % – земляные работы;

72 % – монтажные работы;

52-55 % – отделочные работы.

В то время как ручной труд при кирпичной кладке достигает около 90 %, плотницкие и столярные работы – 76 % и т.д. При демонтажных работах процент комплексной механизации зависит от выбранной технологии демонтажа. Внедрение комплексной механизации и автоматизации является основным направлением прогресса в строительстве, а в перспективе – широкое применение в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве роботов и манипуляторов.

В настоящее время промышленные роботы и манипуляторы успешно применяются в различных отраслях мировой экономики [1]. Новый отчет Международной федерации робототехники (IFR) за 2022 год показывает рекордный показатель – 517385 новых промышленных роботов, установленных в 2021 году на заводах по всему миру. Это показывает темп роста на 31 % за год и превышение до пандемического рекорда по установке роботов в 2018 году на 22 %. Сегодня запас действующих роботов по всему миру бьет новый рекорд –

около 3,5 млн. единиц. Основную пятерку стран по росту рынка промышленных роботов по-прежнему входят: Китай, Япония, США, Республика Корея, Германия [2]. Основные сферы применения робототехники являются: автомобильная, нефтегазовая промышленность, производство продуктов питания, фармацевтическая, электротехническая и различные сферы обрабатывающей промышленности.

Отметим, что в настоящее время отдельной отрасли промышленного производства роботов в России нет, но имеется мелкосерийное производство некоторых видов роботов, выпускаемых отдельными ведомствами для собственных нужд. Большинство из них используют на производственных предприятиях, но чаще в быту, медицине, торговле, образовании. Некоторые российские роботы могут составить хорошую конкуренцию иностранным, особенно разработанные для опасных для человека условий: они исследуют морские глубины и просторы космоса, обезвреживают минные поля, тушат пожары и разбирают завалы. Однако, некоторые виды промышленных роботов пригодны для использования в строительстве. Так, известны разработки зарубежных компаний, выпускающих различную роботизированную технику, пригодную для демонтажных, земляных, погрузочно-разгрузочных и других работ, такие как: Brokk (Швеция), Loadall (Англия), ABB Robotics (Швейцария), 3D Robotics (США) и др. На отечественном рынке также имеются свои производители. Одни из них – ССТ Malinin group [3], Роботехникс [4], Avroga Robotics [5]. Отметим, что потенциал для Российских компаний даже невзирая на введенные санкции есть, но необходима организационная, финансовая и законодательная поддержка государства.

Анализ данных по практике мирового применения промышленных роботов в строительном производстве обозначил ряд организационно-технологических и технических проблем. И первой в этом ряду является проблема совместимости производственного персонала нижнего и среднего звена на стройплощадке с роботизированной техникой. Известны инциденты травматизма, причинения тяжкого вреда здоровью и даже жизни человека при взаимодействии с роботом (табл. 1).

Это примеры нескольких задокументированных инцидентов, которые дают представление о рисках из-за отсутствия нормативно-правовой документации, регламентирующей порядок взаимодействия работников и роботов.

Анализ указанных инцидентов свидетельствует о том, что причинение вреда здоровью человека или смерть стали следствием: несоблюдения работниками правил эксплуатации робототехнических устройств и правил техники безопасности и охраны труда; сбои в программном комплексе робототехнических устройств; программные ошибки, заложенные в программное обеспечение робототехнического устройства [1].

Актуальность данной проблемы для строительного производства очевидна, в связи многочисленностью одновременно выполняемых на объекте технологических операций с одной стороны, а с другой – что для их выполнения могут быть применены как управляемые, так и полу-управляемые роботы.

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

Особенно остра данная проблема для организации демонтажных работ на объектах техногенных катастроф и реновации изношенного жилого фонда.

Таблица 1 – Данные инцидентов травматизма с участием роботов

Год	Инцидент	Последствия
2006	Робот прижал человека. В памяти робота не отразилась данная информация [1]	Смерть человека
2007	В результате сбоя программы во время военных учений в ЮАР робот-зенитка открыл неконтролируемый огонь [6]	Смерть группы людей
2007	На заводе в Швеции, рабочий отключил питание роботов, перемещающих гигантские камни, один из них сжал в тиски голову рабочего [7]	Тяжелый вред здоровью человека
2009	Сотрудница завода Golden State Foods управляла роботизированным паллетизатором, когда она вошла в клетку, то манипулятор затянул ее на ленту конвейера, перепутав с коробкой груза [7]	Смерть человека
2015	В автоконцерне Volkswagen робот в процессе установки и настройки проломил инженеру грудную клетку. Предположение – робот сработал по сигналу другого рабочего [6]	Смерть человека
2015	Работник компании SKN Metals, занимавшийся загрузкой металлических пластин, был заколот одним из роботов [6]	Смерть человека
2016	На фабрике Ajin USA при попытке ремонта робот неожиданно перезагрузился и травмировал человека [6]	Смерть человека
2019	В городе Грязи Липецкой области в результате грубого нарушения правил безопасности, робот-упаковщик смертельно травмировал рабочего [8]	Смерть человека

Актуальность данной проблемы для строительного производства очевидна, в связи многочисленностью одновременно выполняемых на объекте технологических операций с одной стороны, а с другой – что для их выполнения могут быть применены как управляемые, так и полу-управляемые роботы. Особенно остра данная проблема для организации демонтажных работ на объектах техногенных катастроф и реновации изношенного жилого фонда.

Анализ нормативно-правовой основы требований безопасной эксплуатации автоматизированной строительной техники, роботов и манипуляторов показал, что документов, регламентирующих использование строительных роботов, в России нет. Хотя роботы уже применяются на объектах строительства, реконструкции и реновации, но это, к сожалению, больше похоже на экспериментальное применение.

Но, несмотря на отсутствие нормативных документов, стоит обратить внимание на национальные стандарты Российской Федерации в области требований безопасности промышленных робототехнических комплексов. К ним относятся ГОСТ Р 60.1.2.3-2021 [9], ГОСТ Р 60.1.2.1-2016 [10] и ГОСТ Р 60.1.2.2-2016 [11], которые идентичны своим первоисточникам – международным стандартам ISO, но этого недостаточно. Упомянутые стандарты ГОСТ Р могут быть полезны для разработки нормативно-правых документов для строительных роботов. В частности, стандарт требований безопасности ГОСТ Р

60.1.2.3-2021 [9] – для обеспечения норм безопасности совместной работы робота и человека на строительной площадке, особенно при использовании коллаборативных роботов.

### Заключение

В связи с вышеизложенным, авторами сформулированы некоторые рекомендации по дальнейшему совершенствованию нормативно-правовой основы безопасной организации работы и слаженного взаимодействия человека и роботизированной техники на демонтажных работах, среди них: обязательная разработка ПОС и ППР, в рамках которых осуществлять проектирование пространства строительной площадки для взаимодействия робота и человека; дальнейшее совершенствование организационно-технологической и нормативной базы безопасного применения робототехники в строительстве; применение требований безопасности для использования на демонтажных работах объектов техногенных катастроф и реновации изношенного жилого фонда коллаборативных роботов.

### Список литературы

1. Бегишев И.Р. Уголовно-правовое регулирование робототехники: монография / И.Р. Бегишев. Москва: Блок-Принт, 2022. 320 с.
2. IFR Presents World Robotics Report 2022 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.automation.com/en-us/articles/october-2022/ifr-presents-world-robotics-report-2022>.
3. Демонтаж [Электронный ресурс] // URL: <https://www.cct-drill.ru/>.
4. Демонтажное оборудование нового поколения [Электронный ресурс] // URL: <https://robotekhniks.ru/>.
5. О компании [Электронный ресурс] // URL: <https://avrora-robotics.com/ru/>.
6. 10 случаев с работами, убившими людей [Электронный ресурс] // URL: <https://hi-news.ru/robots/10-sluchaev-s-robotami-ubivshimi-lyudej.html#i-3>.
7. 10 случаев убийства людей роботами [Электронный ресурс] // URL: <https://www.facts-worldwide.info/10-sluchaev-ubijstva-ljudej-robotami/>.
8. Робот убил человека на заводе под Липецком [Электронный ресурс] // <https://rg.ru/2019/11/02/reg-cfo/robot-ubil-cheloveka-na-zavode-pod-lipeckom.html>.
9. ГОСТ Р 60.1.2.3-2021. Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для роботов, работающих совместно с человеком. Москва: Стандартинформ, 2021. 36 с.
10. ГОСТ Р 60.1.2.1-2016. Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы. Москва: Стандартинформ, 2016. 47 с.
11. ГОСТ Р 60.1.2.2-2016. Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 2. Робототехнические системы и их интеграция. Москва: Стандартинформ, 2016. 76 с.

## **К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДОЕМКИХ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Кулагина Л.А., Сергеева Н.Д.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются актуальные проблемы выявления основных направлений повышения эффективности работ по устройству фундаментов в сложных условиях строительства. В числе проблем известных технологий – обеспечение роста производительности труда, снижение объема ручных операций и стоимости работ и др.*

Главной задачей любого фундамента является приём нагрузки от здания и равномерное её распределение. Поэтому при выборе технологии строительства фундаментов учитывается тип грунта. Одним из его важных показателей принято считать водонасыщенность, от которой зависит конструкция, размеры, глубина заложения.

При сооружении фундаментов строительной организации требуется высокая обеспеченность техникой для механизации трудоемких работ. Уровень технической подготовки производства работ, в их числе: состав и структура парка машин; техническая оснащенность производственного персонала; наличие современной высокопроизводительной техники; доля ручных операций из общего объема работ фактически и определяют ту или иную форму организации процессов и стоимость объекта.

Производственные издержки прогнозируются на стадии проектирования и поэтому важно, чтобы на этапе подготовки проектной документации были учтены все составляющие технологического процесса, особенно в сложных условиях строительства, например, в водонасыщенных грунтах, включая технику безопасности и охрану труда, охрану окружающей среды и т.д.

На основе изучения опубликованных материалов были выявлены направления, требующих глубокого анализа. Так, было установлено, что подрядные строительные организации не всегда имеют на объект полную проектную документацию. Известна порочная практика возведения фундаментов без ППР и ПОР, а лишь на основе разрабатываемого самостоятельно Технического задания. Фактически это свидетельствует о низком уровне организационно-технологической подготовки производства, что и объясняет отсутствие роста производительности труда; высокий уровень производственных издержек; увеличение стоимости и сроков работ, особенно для зимних условий, условий строительства в водонасыщенных грунтах и т.д. Поскольку на практике не применяют широкий вариативный подбор строительной техники, а ограничиваются от 1-3 вариантов из числа техники, имеющейся в парке организации, то речь не идет о выборе рационального варианта. Такой подход имеет мало общего с комплексно-механизированной их

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

организацией. Кроме того, выбор типажей и количества средств механизации и расчет их технико-экономических показателей осуществляется на основании усредненных норм машино-времени (маш.-ч.) без точного учета климатического и других факторов. При этом, вообще не осуществляется подбор вариантов технической оснащённости строительных рабочих ручным механизированным инструментом, не говоря уж о возможности включения в процесс роботизированной строительной техники и манипуляторов [1-4].

Исходя из этого фактически исключается возможность прогнозирования уровня производственных издержек и календарного планирования при изменяющихся условиях (температурных, грунтовых, организационных и т.д.).

Анализ отчетности производственных показателей ряда организаций строительного комплекса позволили выявить некоторые просчеты и допущения, а именно:

- отсутствие подхода комплексно-механизированной организации работ;
- недостаточная вариантная проработанность выбора технологии работ;
- недостаточный учет преимуществ технологических инноваций;
- нерациональность выбора строительной техники и оборудования;
- наличие брака за счет несоблюдения технологической дисциплины;
- отсутствие точных указаний и пояснений на выполнение определенных видов работ и др. (рис. 1).



Рис.1. Работы по устройству фундамента с работами по водопонижению

Изучение состава и структуры машинных парков, технического состояния и показателей применения строительной техники организациями строительного комплекса г. Брянска позволило выявить, что:

- структура машинных парков характеризуется узким диапазоном номенклатуры и типажей строительной техники;
- строительная техника со сроком эксплуатации более 15 лет составляет более 48-60 %;

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

- строительная техника со сроком эксплуатации от 1 года до 3 лет составляет 15,5-18 %;
- строительная техника, арендуемая у сторонних организаций на постоянной основе, составляет порядка 22-27 %;
- строительная техника, приобретенная в лизинг, составляет 1-1,5 %;
- отмечена острая потребность в автоматизированной технике, способной адаптироваться к разнообразным условиям;
- отмечено полное отсутствие в парке оборудования для водопонижения;
- отмечено также отсутствие надлежащего технического оснащения ремонтной и сервисной базы.

Поэтому актуальная проблема снижения производственных издержек на объектах работ по устройству фундаментов, особенно в сложных условиях строительства, должна решаться реализацией нескольких направлений, а именно:

- повышение уровня организационно-технологической подготовки производства работ как на стадии подготовки проектной документации;
- комплексно-механизированной организацией работ;
- включения в состав комплексов высокопроизводительной техники, включая автоматизированную;
- максимального снижения доли ручных операций;
- повышения уровня технической оснащенности строительных рабочих современным ручным механизированным инструментом, экзоскелетами и др.

### Заключение

Успешное преодоление отмеченных недостатков в организации производственного процесса по устройству фундаментов, особенно в специфических условиях (зимние условия, сейсмические, с высоким уровнем грунтовых вод и т.д.) в рамках комплексно-механизированной их организации и является основой для снижения производственных издержек, обеспечения требуемого СНиП качества работ, снижения травматизма. Прогнозные расчеты показывают, что снижение производственных издержек возможно обеспечить в диапазоне до 21,5-27 % за счет оптимизации выбора рациональной технологии и средств механизации.

### Список литературы

1. Берлинов М.В. Основания и фундаменты / М.В. Берлинов. Санкт-Петербург: Лань, 2011. 320 с.
2. Данилов Н.Н. Технология и организация строительного производства / Н.Н. Данилов, С.Н. Булгаков, М.П. Зимин. Москва: Стройиздат, 1988. 752 с.
3. Дикман Л.Г. Организация строительного производства / Л.Г. Дикман. Москва: АСВ, 2017. 588 с.
4. Кириллов В.С. Основания и фундаменты / В.С. Кириллов. Москва: Транспорт, 1980. 392 с.

## СИСТЕМА ВАКУУМНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ СВОЙСТВАМИ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

Плотников В.В., Гришин Р.В., Кузнецов А.С.,  
Плотникова С.В., Воцило О.Г.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе представлена инновационная система теплозащиты и звукоизоляции зданий, предусматривающая использование вакуумированных оболочек с автоматизированным управлением свойствами наружных стен. Для исследования влияния степени вакуума на показатели теплопроводности и звукоизоляции стен разработаны и запатентованы уникальные установки.*

Разработанная инновационная теплозащитная система для зданий, предусматривает использование вакуумированных оболочек или панелей с автоматизированным управлением теплофизическими и звукоизоляционными свойствами ограждающих конструкций (рис. 1).

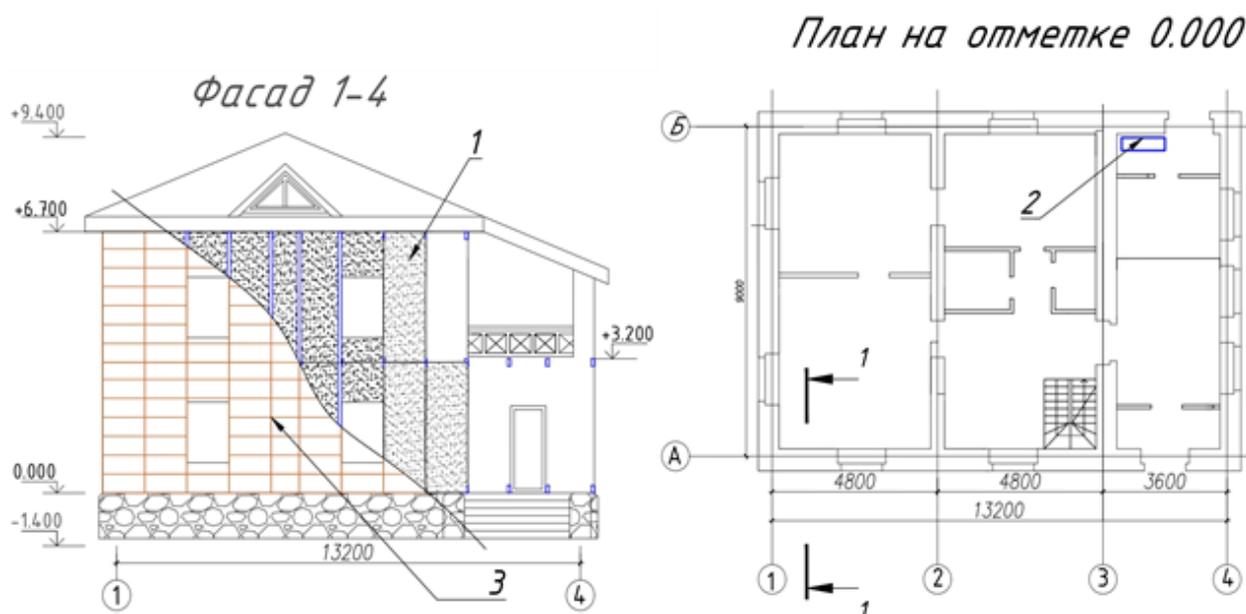


Рис. 1. Вакуумная теплоизоляция и звукоизоляция индивидуального жилого дома: 1 – вакуумные теплоизоляционные и звукоизоляционные панели; 2 – вакуумный распределительный узел; 3 – защитная оболочка фасада

Для исследования влияния степени вакуума на теплоизоляцию и звукоизоляцию ограждающих конструкций разработаны установки с высокой достоверностью результатов (рис. 3, 4).

Особенностью установок является возможность автоматизированного дистанционного управления экспериментами путем использования разработанного программного приложения к телефону [1].

Разрез 1-1

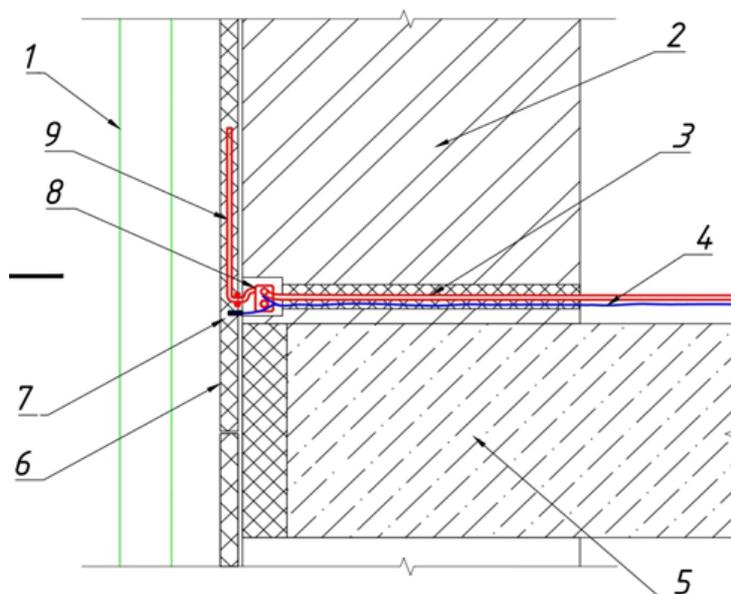


Рис. 2. Схема проходки коммуникаций при устройстве вакуумированной оболочки из панелей: 1 – защитная оболочка фасада; 2 – наружная стена; 3 – магистраль вакуумного трубопровода; 4 – шина управления и чтения данных; 5 – перекрытие; 6 – вакуумированные панели; 7 – вакуумный датчик давления; 8 – вакуумная запорная арматура; 9 – штенгель



Рис. 3. Общий вид установки для исследования влияния вакуума на теплопроводность и звукоизоляцию

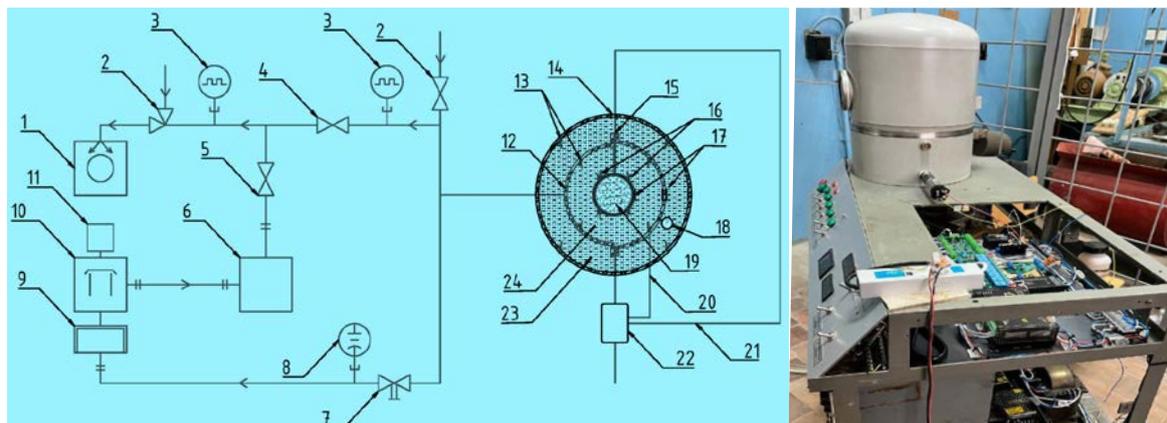


Рис. 4. Схема установки с рабочей вакуумной камерой: 1 – форвакуумный насос; 2 – клапан напуска воздуха; 3 – вакуумметр термодарный; 4 – клапан скачивания вакуумной камеры; 5 – клапан предварительного скачивания паромасляного насоса; 6 – форбаллон; 7 – тарельчатый клапан; 8 – вакуумметр ионизационный; 9 – вакуумная ловушка; 10 - паромасляный насос; 11 – блок управления и регулятор степени разряжения; 12 – сфера вакуумной камеры для исследуемого материала; 13 – термодары, зачеканенные на внешней и внутренней оболочке сферы вакуумной камеры; 14 – внешняя вакуумная камера; 15 – вакуумная прокладка с гермовводом; 16 – термодары, зачеканенные на внешней оболочке нагревательного элемента; 17 – датчики теплового потока вакуумной камеры; 18 – датчик давления; 19 – сферический нагревательный элемент; 20 – шина передачи данных от датчиков температуры и датчиков теплового потока; 21 – шина управления нагревательным элементом; 22 – модуль управления и обработки данных; 23 – дополнительная камера с вакуумированным пространством; 24 – исследуемый материал во внутренней вакуумной камере

### Заклучение

Использование системы вакуумной теплоизоляции и звукоизоляции для ограждающих конструкций с автоматизированным управлением их теплофизическим и звукоизоляционными свойствами является наиболее перспективной, так как позволяет отказаться от использования в ограждающих конструкциях зданий энергоемких и экологически небезопасных материалов. Установлено, что снижение давления в вакуумированных панелях со значений 750 мм. рт. ст. (атмосферное давление) до значений вакуума  $5 \cdot 10^{-5}$  мм. рт. ст. уменьшает коэффициент теплопроводности соответственно со значений 0,0202 до значений 0,008-009 Вт/(м·°С).

### Список литературы

1. Установка для исследования теплопроводности порошково-вакуумной и экранно-вакуумной теплоизоляций: пат. на изобретение 2750289 Рос. Федерация. № 2020110792 / В.В. Плотников, Р.В. Гришин, А.С. Кузнецов, С.В. Плотникова, О.Г. Вошило; заявл. 14.03.2020; опубл. 25.06.2021, Бюл. № 18.

## СТЕНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО МОНОЛИТНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Плотников В.В., Рождественский В.Я., Ботаговский М.В.,  
Афоница Е.П., Сомина Е.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе представлены результаты исследований по разработке энерго- и ресурсосберегающей технологии возведения многослойных наружных стен в каркасных зданиях с использованием многокомпонентных бесцементных пенобетонов низкой плотности и теплопроводности. Технология предусматривает приготовление непосредственно на строительной площадке пенобетона, основными компонентами которого являются тонкодисперсные промышленные отходы, предварительно активированные в жидкой среде. Показано, что ограждающие конструкции с монолитным бесцементным пенобетоном имеют за весь период жизненного цикла стен выбросы углерода до 30-35 % меньше относительно наружных стен с традиционным пенобетоном на основе цемента.*

При строительстве каркасных энергоэффективных зданий ограждающие конструкции могут быть многослойными с использованием в качестве наружного и внутреннего защитных слоев большеразмерных водостойких листов, крепящихся к облегченному металлическому каркасу (рис. 1, а), или с использованием в качестве наружного слоя облицовочного керамического или силикатного кирпича, внутреннего слоя из большеразмерных листов, играющих роль несъемной опалубки (рис. 1, б), с заполнением пространства между ними монолитным теплоизоляционным пенобетоном.



а)



б)

Рис. 1. Укладка монолитного пенобетона в полость наружных стен

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

При реализации традиционной технологии устройства стен зданий с использованием монолитного пенобетона, как правило, пенобетон укладывают послойно с перерывами между укладкой слоев для схватывания пенобетона (рис. 2, а). Это связано с достаточно большой усадкой пенобетона в начальные сроки твердения. Использование пенобетона плотностью 300-400 кг/м<sup>3</sup> на основе портландцемента без мелкого заполнителя часто приводит к получению некачественного внутреннего слоя наружных стен, что, в свою очередь, сказывается на обеспечении требуемой теплозащиты энергоэффективных зданий (рис. 2, б).



Рис. 2. Общий вид наружных стен с использованием монолитного пенобетона

На кафедре СП БГИТУ были получены монолитные быстросхватывающиеся безусадочные пенобетоны с равномерной тонкопористой структурой и высокопрочным цементным камнем в прослойках между порами (рис. 3, а) [1].

Для микроармирования цементного камня в прослойках между порами использовались волокна различной природы (рис. 3, б). Пенобетон, полученный на основе многокомпонентных вяжущих композиций с микроармированием предварительно распушенными волокнами асбестита в РПА (рис. 3, в), показал повышение прочности на 30-40 % и снижение усадки на 80-90 % по сравнению с контрольными образцами на основе портландцемента.

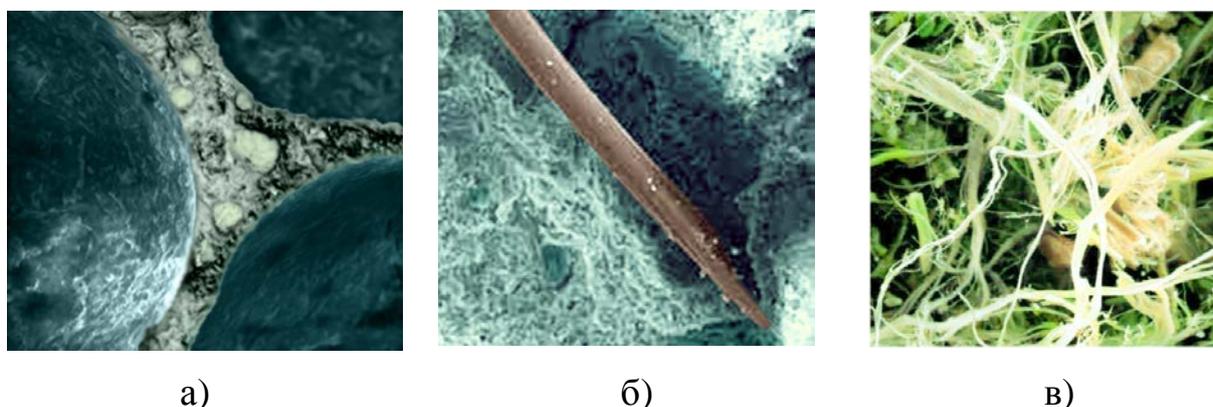


Рис. 3. Микроструктура монолитного теплоизоляционного пенобетона

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

Для оценки экологических показателей ограждающих конструкций каркасных зданий с использованием монолитного пенобетона был осуществлен расчет выбросов  $\text{CO}_2$  в течение жизненного цикла  $1 \text{ м}^2$  традиционных и инновационных наружных стен с одинаковым сопротивлением теплопередаче, равным базовому значению требуемого сопротивления теплопередачи для города Брянска  $R_o^{mp} = 2,932 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$  (табл. 1).

Таблица 1 – Конструктивное решение стен и выбросы  $\text{CO}_2$  на этапе производства строительных материалов

Конструктивное решение и толщина слоев (в направлении от внешней грани к внутренней грани стены)	Масса материала в $1 \text{ м}^2$ стены, кг	Коэффициенты выбросов $\text{CO}_2$ , кг $\text{CO}_2$ экв/кг	Выбросы $\text{CO}_2$ , кг $\text{CO}_2$ экв	Общие выбросы, кг $\text{CO}_2$ экв
<b>Стена 1</b>				
1. Керамический облицовочный кирпич, 120 мм	144	0,20	28,80	64,43
2. Монолитный пенобетон плотностью $400 \text{ кг/м}^3$ на основе портландцемента, 350 мм	140	0,19	26,60	
3. Каркас из металлопрофиля для крепления несъемной опалубки	3,5	1,50	5,25	
4. Несъемная опалубка из водостойкого гипсокартона, 12,5 мм	8,4	0,45	3,78	
<b>Стена 2</b>				
1. Керамический облицовочный кирпич, 120 мм	144	0,20	28,8	53,23
2. Монолитный пенобетон плотностью $400 \text{ кг/м}^3$ на основе бесцементного вяжущего, 350 мм	140	0,11	15,4	
3. Каркас из металлопрофиля для крепления несъемной опалубки	3,5	1,50	5,25	
4. Несъемная опалубка из водостойкого гипсокартона, 12,5 мм	8,4	0,45	3,78	

### Заключение

Стены с теплоизоляционным безусадочным пенобетоном на основе активированных бесцементных вяжущих имеют высокие эксплуатационные показатели и выбросы  $\text{CO}_2$  в течение жизненного цикла ниже выбросов стен с традиционным пенобетоном до 30-35 %.

### Список литературы

1. Плотников В.В. Ограждающие конструкции зданий с применением бесцементного пенобетона / В.В. Плотников, М.В. Ботаговский, С.В. Плотникова // Строительство и реконструкция. 2015. № 6 (62). С.112-119.

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Плотников В.В., Шаройко В.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе приведена инновационная технология возведения купольных зданий с использованием строительных принтеров. Технология предусматривает возведение купольных зданий с использованием разработанного 3D принтера и активированных композиционных материалов с микроармированием углеродными волокнами. Технология позволяет создавать гражданские и военные объекты с набором заданных функций и автоматизированным управлением системами жизнеобеспечения.*

В последние годы в мире наблюдается большой интерес к строительству купольных зданий с применением большого разнообразия конструктивных решений и материалов. Купольные здания могут иметь различные размеры и использоваться как дачные, жилые, общественные, административные или производственные объекты. Например, жилой дом может включать несколько купольных элементов, составляющих вместе выразительную архитектурную композицию (рис. 1).



Рис. 1. Вариант жилых домов из купольных элементов

Купольные строения, наряду с оригинальным внешним видом, имеют ряд конструктивных и эксплуатационных преимуществ:

- при одинаковых с постройками классических прямоугольных очертаний значениях полезной площади купольные дома имеют намного больший объем внутреннего пространства, что, в свою очередь, обуславливает наличие большего количества воздуха и света внутри помещений, а также существенное сокращение расходов на стройматериалы;

- минимальная площадь наружной поверхности при одинаковой с «прямоугольным» домом полезной площади внутренних помещений – залог

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

меньшего рассеивания тепла в осенне-зимний период и меньшего поглощения тепла весной и летом;

- остекление купольного здания может быть произвольным;
- для освещения внутреннего пространства можно эффективно использовать световоды;

- конструктивно сферический купол – очень прочное сооружение с высокой однородной теплозащитной оболочкой с отсутствием тяжелых перекрытий, системы стропил и отдельной кровли;

- купола отличаются идеальной аэродинамической обтекаемостью, вследствие чего способны успешно противостоять ураганным ветрам;

- за счет меньшей площади внешней поверхности внутри купольного здания проникает меньше уличного шума, что обеспечивает комфорт пребывания людей;

- благодаря симметрии сферы появляется возможность максимально эффективной пространственной ориентации размещенных на куполе солнечных батарей, модулей солнечных коллекторов;

- купольное здание намного превосходит традиционные дома при запроектных воздействиях.

На кафедре «Строительное производство» разработана инновационная технология возведения купольного здания с ограждающими конструкциями из нового композиционного материала на основе порошкового бетона, предварительно активированного и армированного углеродными микроволокнами в роторно-пульсационном аппарате [1, 2]. Нанесение быстротвердеющей композиции на скользящую опалубку в виде купольного сектора предусматривается с помощью 3D принтера со специальной печатающей головкой (рис. 2).

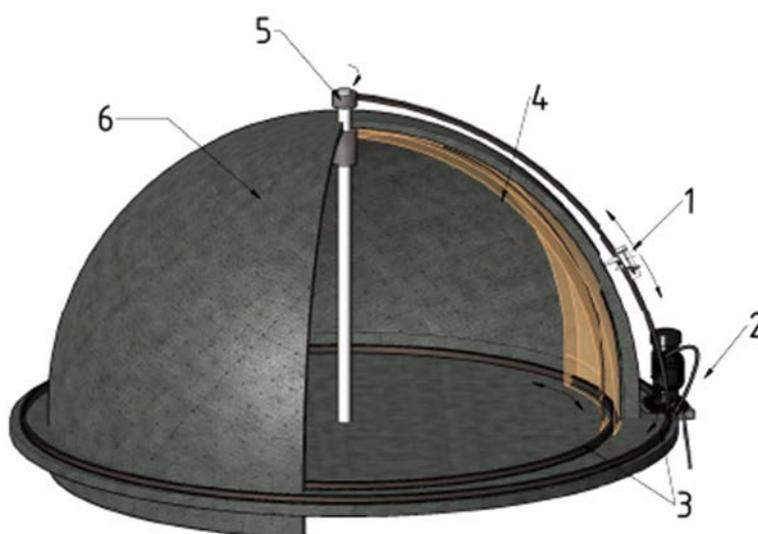


Рис.2. Технология возведения купольного здания: 1 – печатающая головка; 2 – устройство для подачи активированного композиционного материала под давлением; 3 – опорный элемент для передвижения скользящей опалубки и полуарочной направляющей; 4 – скользящая опалубка; 5 – узел соединения полуарки и опорной стойки; 6 – купол

## Секция 2. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

Высокая прочность оболочки из активированного композиционного микроармированного бетона, достигаемая значений порядка 120 МПа, позволяет возводить военные объекты и здания, совмещающие функции бомбоубежищ. При строительстве купольных зданий предусматривается интеграция системы «умного дома» российского производителя «Switch» на объекте «Купольный жилой дом с повышенной степенью защиты от запроектных воздействий.

Главным преимуществом системы является децентрализованное управление всеми инженерными системами, которое подразумевает отсутствие единого пульта – каждый модуль независим от других устройств. В качестве «пульта» для купольного дома может выступать планшет, сенсорная панель с физическими кнопками, приложение в смартфоне, а также Web-интерфейс. За управление каким-либо прибором, оборудованием (или целой группой), либо какой-то последовательностью необходимых действий отвечает оборудование и ПО системы Switch.

Главный атрибут «Умного дома» Switch – это синхронизация работы всех систем и в каждом конкретном случае выбор оптимального сценария включения/выключения устройств и оповещения. Предусматривается расширенная возможность использования голосовых помощников сервисов Алиса, Маруся, Telegram, Apple HomeKit. В системе возможно использование разного типа датчиков движения, герконов, датчиков ОПС, камер, домофона и системы СКУД. Также возможна интеграция и объединение охранных и других систем к «умной» оболочке дома. Использование различных протоколов связи Wi-Fi, Ethernet, Modbus, Zigbee, ИК и собственный протокол Switch, обеспечивает не только мониторинг, но и управление всего оборудования как единой системы, включающей в себя приточную-вытяжную вентиляцию, системы кондиционирования, увлажнения, отопления и др.

### Заключение

Инновационная технология возведения купольных зданий с использованием разработанного 3D принтера и активированных композиционных материалов с микроармированием углеродными волокнами позволяет создавать гражданские и военные объекты с набором заданных функций и автоматизированным управлением системами жизнеобеспечения.

### Список литературы

1. Плотников В.В. Многослойные наружные стены зданий из теплоизоляционного монолитного пенобетона на основе активированных промышленных отходов / В.В. Плотников, М.В. Ботаговский // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 9-14.
2. Роторно-пульсационный аппарат: пат.183943 Рос. Федерация. № 2018122917 / В.В. Плотников, М.В. Ботаговский; заявл. 22.06.2018; опубл. 09.10.2018, Бюл. № 28.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК И МЕСТНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НАХОЖДЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Викторов Д.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются принципы работы приточных кондиционеров и вентиляционных систем с охлаждением, их преимущества и недостатки. Для сравнения выбраны такие устройства, в задачи которых входит не только поддерживать нужную температуру, но и осуществляют постоянный приток свежего воздуха для создания комфортных условий в помещениях. Результаты исследования помогают принимать обоснованные решения при выборе систем кондиционирования и вентиляции в соответствии с потребностями конкретного помещения и климатическими условиями.*

Для поддержания необходимой температуры в помещениях в летний период служит система кондиционирования, которая позволяет охладить воздух и создать оптимальные параметры микроклимата. Кондиционеры работают по принципу циклического испарения и конденсации хладагента, что позволяет эффективно снизить температуру внутреннего воздуха до желаемого значения, а также осуществляют фильтрацию воздуха, удаляя из него пыль, грязь и аллергены. Но для создания комфортных условий также необходим приток свежего воздуха. С этой задачей успешно справляются приточные и приточно-вытяжные установки, которые могут обеспечить постоянную циркуляцию и очистку воздуха с использованием специального оборудования. Соответственно, для решения обеих задач требуется два устройства: местный кондиционер («обычная» сплит-система) и вентиляционная установка (например, бризер). Возникает вопрос: существует ли способ решить все задачи одним устройством, будет ли это удобнее и выгоднее? Решить эту проблему могут приточный кондиционер или вентиляция с охлаждением [1].

У кондиционеров с подмесом наружного есть дополнительный элемент: воздуховод, который прокладывается между наружным и внутренним блоком. Процесс охлаждения никак не связан с процессом подачи свежего воздуха, эти две функции работают независимо друг от друга. То есть получается устройство два-в-одном, но с урезанными функциями притока: ограничение по производительности (как правило не более 60 м<sup>3</sup>/ч), сложности с нагревом приточного воздуха в зимний период, вероятность конденсации и обмерзания.

Вентиляция с охлаждением – это система, которая осуществляет постоянное обновление воздуха в помещении за счет подачи свежего воздуха в

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

помещение через приточные воздуховоды с одновременным его охлаждением. Для этого могут использоваться охладители, работающие как с использованием фреоновых хладагентов и компрессоров, так и специальные фильтры и увлажняющие элементы для охлаждения воздушного потока. Основным преимуществом второго варианта является экологичность, так как хладагенты могут быть вредны для окружающей среды и иметь негативное влияние на здоровье людей.

Одним из главных преимуществ вентиляционной установки перед кондиционером является поддержание оптимального уровня влажности в помещении. Сплит-системы сушат воздух, что может вызывать дискомфорт для аллергиков или просто создавать неприятные ощущения в виде пересушенной кожи или сухости в горле. Но вентиляция с охлаждением будет менее эффективна в очень жаркую погоду или при высокой влажности. Также она не способна поддерживать постоянную и точную температуру, как это делает кондиционер.

В зависимости от индивидуальных потребностей и условий эксплуатации каждый из методов может быть эффективным. Необходимо учитывать размер помещений, количество людей, находящихся в них, количество электрооборудования, освещения, уровень теплоизоляции здания, а также климатические условия и предпочтения пользователей [2].

Согласно ГОСТ 30494 [3] температура внутреннего воздуха в летний период должна находиться в диапазоне от 22 °С до 25 °С в жилых комнатах и от 23 °С до 25 °С в помещениях с постоянным пребыванием людей в общественных и административных зданиях. Оптимальная относительная влажность воздуха должна составлять 30-60 %.

Для охлаждения воздуха до желаемой температуры необходимо взять во внимание температуру окружающей среды. Рассмотрим на примере города Брянска, для которого расчетная температура воздуха летом составляет 26 °С (данные СП 131.13330 [4]). Температурный разрыв составит 3-4 °С (на это значение необходимо охладить приточный воздух, чтобы теплопритоки от работы системы подачи свежего воздуха были равны 0).

Для определения тепловой нагрузки помещения воспользуемся грубой оценкой и примем средний коэффициент нагрузки 100 Вт/м<sup>2</sup>. Например, для квартиры или офиса площадью 50 м<sup>2</sup> тепловая нагрузка будет составлять примерно 5 кВт. Для этого объекта сплит-система должна обладать охлаждающей мощностью около 6 кВт и энергоэффективностью EER не менее 3 (по СП 60.13330 [5] для классов энергоэффективности А и В). Такая система сможет обеспечить достаточное охлаждение помещения и потреблять минимальное количество энергии.

Для расчета вентиляционной установки с охлаждением притока необходимо определить расход воздуха. Принимая во внимание, что норма расхода воздуха при использовании приточно-вытяжной установки составляет

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

для одного человека  $45 \text{ м}^3/\text{ч}$  в жилых помещениях,  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  в кабинетах и офисах общественных зданий (при наличии естественного проветривания нормы ниже) или  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  жилой площади или равна двукратному воздухообмену, расход можно принять  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  как удовлетворяющий всем условиям, причем для жилья с большим запасом (рис. 1).

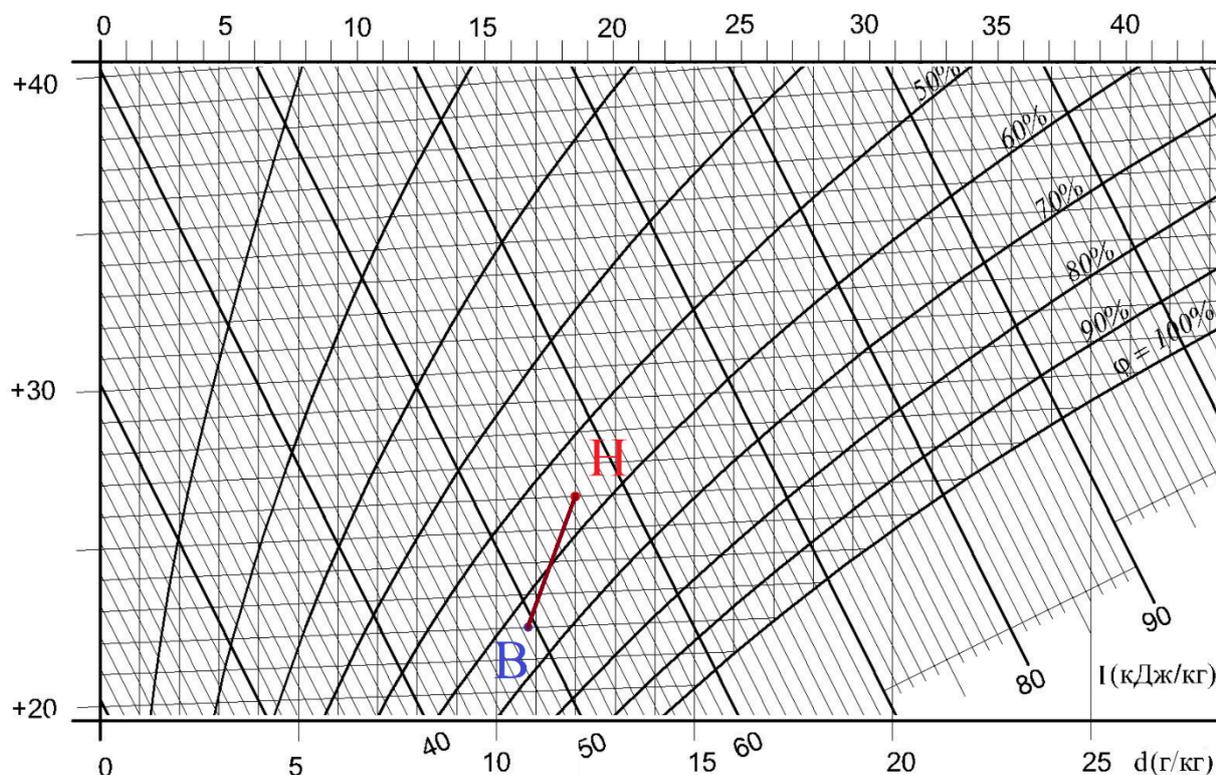


Рис1. График процесса на диаграмме Рамзина-Молье

Мощность охладителя вентиляционной установки составит  $0,8 \text{ кВт}$  (расчет выполнен по разнице энтальпий). Итого требуется  $5,8 \text{ кВт}$  ( $5 \text{ кВт}$  по расчету теплоизбытков и теплопоступлений и  $0,8 \text{ кВт}$  от самой установки).

Согласно СП 60.13330 [5] при ассимиляции избытков теплоты в помещении для жилых и общественных помещений допустимое отклонение температуры в струе приточного воздуха от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой зоне должно быть не более  $2 \text{ °C}$ . Допустимое значение температуры приточного воздуха очень сильно зависит от схемы его подачи и характеристик воздухораспределителя (геометрических параметров сечения и температурного коэффициента) и, как правило, не принимается ниже  $15 \text{ °C}$  (а минимально – не ниже температуры охладителя).

Вентиляционная установка на градиент  $11 \text{ °C}$  при расходе  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  может генерировать до  $2 \text{ кВт}$  холода при необходимых  $5,8 \text{ кВт}$ . Для увеличения мощности охлаждения можно увеличить расход приточного воздуха, но это явно не рационально, так как для достижения сопоставимого результата придется увеличить производительность всей системы вентиляции в несколько раз.

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Кондиционеры же способны генерировать 5 кВт холода (из примера) и более, так как не ограничены проходящим объемом воздуха, и могут поддерживать комфортную температуру даже при большом количестве теплоизбытков. С точки зрения эффективности и комфорта по температуре кондиционирование предпочтительнее для обеспечения оптимального теплового баланса в помещении. В то же время, вентиляция с охлаждением может быть выгодна в случае низких тепловых нагрузок.

#### Заключение

Вентиляция с охлаждением может быть эффективной альтернативой кондиционированию в случаях, когда климат относительно прохладный или по технико-экономическим соображениям. При использовании в жилом доме, в котором нет большого количества тепловыделений, вентиляция с охлаждением может быть приемлемым решением. Однако, в условиях высокой влажности и сильного перегрева помещений вентиляция с охлаждением может быть недостаточно эффективной, чтобы обеспечить комфортный микроклимат. В общественных зданиях, в которых дополнительный вклад в тепловую нагрузку помещения вносят техника и оборудование, предпочтительно кондиционирование, которое способно точно поддерживать заданную температуру.

#### Список литературы

1. Данилова С.С. Анализ самостоятельных систем кондиционирования и приточных установок с охлаждением / С.С. Данилова // Вестник науки. 2022. № 8 (53). Т. 2. С. 78-85.
2. Викторов Д.А. Анализ параметров микроклимата в помещении / Д.А. Викторов // Инновации в строительстве-2017: матер. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: БГИТУ, 2017. С. 44-48.
3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
4. СП 131.13330.2020. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
5. СП 60.13330.2020. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕТОД ПОВЕРХНОСТНОГО НАГРЕВА ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Горюнова Е.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлен способ нагрева твёрдых тел в потоке теплоносителя, позволяющий снизить энергозатраты на их нагрев до необходимой температуры за счёт последовательной смены циклов нагрева и выдержки. С целью выбора более быстрого и надёжного метода определения коэффициента теплоотдачи кускового материала, результаты которого учитывали бы изменения размеров образцов, были проведены дополнительные исследования процесса теплопередачи между твёрдым телом и теплоносителем. Разработка позволяет использовать геотермальную энергию в инновационных разработках строительной отрасли.*

Теоретические и экспериментальные исследования процессов нагрева и охлаждения твёрдых тел подразумевают, что тепловой поток коррелирует как от температурного напора, так и от коэффициента теплоотдачи между поверхностью тела и теплоносителя. При охлаждении и нагревании твердого тела в потоке теплоносителя применяют стандартные варианты нахождения коэффициента теплоотдачи твердого тела. Конкретная ситуация диктует выбор позиций при теплоотдаче и отталкивается от значимых параметров, что создает дополнительные трудности. Трудоёмкость определения коэффициента теплоотдачи и ювелирность методики эксплицитно привязана к степени освоенности цикла теплоотдачи. В текущий момент в достаточной степени разработан метод расчета охлаждения твердых тел, базирующийся на определении критериев подобия (Нуссельта, Прандтля, Грасгофа, Рейнольдса, Фурье, Кутателадзе и др.), однако представляется, что коэффициент теплоотдачи известен заранее и стационарен в продолжение всей фазы нагревательного и охлаждающего периода.

В результате постановки индивидуальной цели предложен метод расчета требуемой компоненты по полному охлаждению исходного объема твердого тела до температуры теплоносителя за заданный отрезок времени.

Отрицательной стороной разработанного метода служит некая погрешность определения, обусловленная сложностью нахождения средних теплофизических характеристик твёрдого тела за предполагаемый период охлаждения, долгосрочность процесса суммарной теплоотдачи и противоречивость получаемых итогов. Например, с увеличением диаметра образцов величина коэффициента теплоотдачи претерпевает изменения на довольно значимую величину при неизменных других составляющих характеристик процесса охлаждения (скорости теплоносителя, стандартных начальных условиях и т.д.). Прогнозируемые неудобства преследуют расчеты и не дают возможность использовать экспериментальные данные для расчетов

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

процесса теплопередачи при нарушении опытных обстоятельств.

Железистые кварциты (используемые в качестве экспериментального материала) находят применение в дорожном строительстве, различной архитектуре, в виде облицовочного камня, для отделки различных поверхностей, изготовления огнеупоров. Традиционные технологии переработки железистых кварцитов (на обогатительных фабриках) подразумевают стандартный набор операций: крупное, среднее и мелкое дробление на мощном дробильном оборудовании; измельчение на шаровых мельницах; разделение полученной горной массы с помощью магнитных сепараторов на обогащенный продукт переработки и хвосты с низким содержанием окиси и закиси железа, которые складываются на специализированных хвостохранилищах.

Применяется мощное оборудование высокой степени производительности, установка и содержание оных подразумевает значительные земельные площади, а также использование крупных энергетических и материальных ресурсов. В текущий момент времени в промышленности, в частности при анализе геотермальных разработок, наблюдается тенденция к увеличению энергетических затрат на переработку рудных полезных ископаемых (фигурирующих в качестве примера) в связи с уменьшением неотработанных запасов и увеличением степени измельчения готового продукта обогатительных фабрик для повышения извлечения их полезного компонента до фракций 0,01 мм. Затраты достигают свыше 75 % от всех затрат на добычу и переработку полезного ископаемого. В частности, на тонну готового концентрата издержки составляют 36,1 кВт·час. В этом числе энергоемкость дробления составляет 2,2 кВт·час, а энергоемкость измельчения – 35кВт·час. Суммарные расходы определяются в 99,5 кВт·час. Также существует значимый расход материалов (шаров, плит дробилок), который может превышать 1 кг/т дорогостоящих износостойких сталей [1, 2].

Поэтому регулярно проводится разработка и внедрение прогрессивных методов и средств катализа этапов измельчения и дробления полезных ископаемых, базирующихся на промежуточном воздействии различными физическими полями на рудную массу. Заслуживает внимания разработка новых способов отделения рудных минералов от пустой породы, на основе которых могут быть разработаны технологии переработки и обогащения полезных ископаемых с минимальными материальными и энергетическими затратами.

Универсальным методом опережающего воздействия является термическая обработка кусков руды перед измельчением. При прогнозируемых условиях она приводит к уменьшению энергоемкости процесса измельчения и к улучшению раскрытия рудных минералов. Так достигается увеличение крупности готового продукта разрушения и уменьшение энергетических и материальных издержек на стабилизацию рудной массы к обогащению. При прогреве исходной начальной горной массы происходит превращение немагнитных железосодержащих минералов в магнетит за счет магнетизирующего обжига, увеличивается содержание железа в концентрате. Это благоприятствует снижению издержек потерь железа, возникающих при стандартной схеме переработки рудной массы в «хвосты» на производстве.

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Треjder долгосрочной перспективы предварительной термообработки горных пород определяется раскрытием механизма разупрочнения руд термическим воздействием на них и фазовыми и химическими превращениями при нагреве и охлаждении. Так возникли предпосылки проведения экспериментальных исследований вещественного состава продуктов измельчения горных пород после предварительного нагрева на примере железистых кварцитов (КМА). Методика экспериментов заключается в следующем. Исходным материалом для эксперимента служат куски железистых кварцитов различного размера весом от 100 до 400 г, что соответствует продуктам мелкого и среднего дробления в условиях обогатительной фабрики.

Куски породы нагреваются до температуры 600 °С в муфельной печи, а затем производится их охлаждение на воздухе до комнатной температуры. После этого они измельчаются на гравитационном копре последовательными ударами с извлечением фракции 0,1 мм из разрушенной массы после каждого удара, что хорошо моделирует процесс измельчения полезного ископаемого в шаровых мельницах. Энергия каждого удара составляет 50 Дж.

Полученный агрегат измеряется по весу, упаковывается и маркируется для отправки в лабораторию химического анализа. Реакция разрушения продолжается до периода, пока количество фракции 0,1 мм не достигнет 1 % от общей массы первоначального образца. Последующее разрушение первого исходного образца не целесообразно, потому что на первый план выходят проявления несовершенства конструкции гравитационного копра (трещины, вмятины бойка, и т.д.), а это приводит, в заключительном итоге, к ощутимому росту энергоемкости процесса измельчения не соответствующим реальным процессам.

Для сопоставления вещественного состава фабрикатов измельчения горных пород после предварительного прогрева с вещественным составом продуктов чисто механического измельчения параллельно друг с другом анализировались два одинаковых образца. Один из них подвергался термообработке перед разрушением на копре, а другой измельчался без нагрева. Результаты экспериментов представлены в виде зависимости содержания железа в продуктах измельчения от количества вводимой механической энергии на единицу исходной массы образца. Как пример, предлагается проанализировать зависимости содержания железа в готовом продукте фракции 0,1 мм для кусков железистых кварцитов весом от 100 до 450 г при их нагреве до температуры 650 °С от количества механической энергии, вводимой на 1 г первичного образца. Анализ результатов эксперимента дал возможность предварительных выводов. Полное охлаждение твердого тела ограниченного объема происходит сначала в иррегулярном, а затем в регулярном режиме. Вначале, в первом случае осуществляется интенсивное охлаждение поверхности тела на 12-16 % фактически при отсутствии изменения температуры его центра. Регулярный режим соответствует равномерному охлаждению, как поверхности, так и центра тела. Максимальная температура на поверхности тела ( $x = 0$ ) равна:

$$T(0,t) = 2g 0,5642\sqrt{at}/\lambda, \quad (1)$$

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

где  $T$  – температура тела в конкретной точке;  $t$  – время взаимодействия тела с окружающей средой;  $g$  – удельная плотность теплового потока через поверхность тела;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности тела;  $a$  – коэффициент температуропроводности тела ( $a = \lambda/c\rho$ , где  $\rho$  – его плотность).

При увеличении расстояния от поверхности температура уменьшается экспоненциально. Средняя температура в нагреваемом объеме может быть вычислена из выражения:

$$\bar{T} = gst/crV_0, \quad (2)$$

где  $s$  – площадь поверхности тела;  $c$  – удельная теплоемкость тела;  $r$  – удельная плотность тела;  $V_0$  – объем тела.

Объем, удельная теплоемкость и площадь поверхности тела известные величинами, временной период взаимодействия рассчитывается из условия иррегулярности процесса охлаждения. Когда глубина охлаждения достигает центра тела, режим охлаждения переходит в регулярный. Средняя температура тела в иррегулярном режиме претерпевает изменения незначимо при достаточно высокой средней температуре поверхности. Получается, что в период рассматриваемого режима охлаждения средняя температура поверхности будет иметь наивысшее значение при наименьшей потере тепла со стороны тела. Плотность теплового потока от теплоносителя в тело зависит от разности температур поверхностей контактирующих масс, значит, в опытное изучаемое время достигается максимально наивысшая скорость нагрева. Если в этот момент остановить охлаждение и предпринять воздушную выдержку тела, достигнем выравнивание температуры по сечению и самопроизвольное повышение температуры поверхности, а это чревато созданием условия для следующего этапа охлаждения в иррегулярном режиме.

#### Заключение

Уменьшение времени взаимодействия теплоносителя и материала при нагреве до заданной температуры за счет увеличения температурного напора между контактирующими массами. Минимизация тепловых потерь в окружающее пространство за счет организации замкнутого цикла.

#### Список литературы

1. Формалев В.Ф. Теплоперенос в анизотропных твердых телах. Численные методы, тепловые волны, обратные задачи / В.Ф. Формалев. Москва: Физматлит, 2019. 280 с.
2. Светлов Ю.В. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока. Теория, эксперимент, методы расчета / Ю.В. Светлов. Москва: ИНФРА-М, 2021. 304 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО МЕТОДА  
РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ СИСТЕМ  
ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ  
БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МАЛОГО РАДИУСА  
ДЕЙСТВИЯ**

Игнатов Д.В.

(АО «Газпром Газораспределение Брянск», г. Брянск, Россия)

*В работе приведены особенности разработки контроля параметров системы защиты от коррозии сетей газоснабжения и использование беспроводной передачи данных малого радиуса действия. Актуальность работы заключена в экономичности и упрощении, а также надежности сбора и обработки информации о состоянии объектов защиты от коррозии систем газораспределения с применением современных цифровых технологий. Цель работы: улучшение технологических и технических решений и создание автоматизированной системы сбора и обработки данных о состоянии сетей газораспределения АО «Газпром газораспределение Брянск», в части защиты от коррозии. Основные задачи: подбор оборудования в опыт эксплуатации и определение производственных объектов электрохимической защиты для попытки внедрения технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия; анализ видов объектов внедрения, технических характеристик, с целью анализа будущей работы устройств с беспроводной передачей данных малого радиуса действия и их компоновки; установка требований к опытному образцу. Выявлены условия применения беспроводной передачи данных малого радиуса действия для систем электрохимической защиты сетей газораспределения, также определен состав и функциональные параметры. Выработаны требования к оборудованию для контроля параметров электрохимической защиты систем газораспределения с использованием системы беспроводной передачи данных малого радиуса действия. Определены объекты внедрения. Полученные результаты дают возможность строить «безошибочные» цифровые модели распределения защитных потенциалов по протяженности газопроводов в соответствии с полученными данными установок электрохимической защиты, на основании которых оптимизируется работа оборудования и данная система может стать альтернативой внедрения дорогостоящих систем телеметрии, сокращая при этом затраты на эксплуатацию.*

В эксплуатации АО «Газпром газораспределение Брянск» (далее – Общество) находится 10306 км стальных сетей газоснабжения.

Протяженность подземных стальных газопроводов, защищенные с помощью применения активной электрохимической защиты (далее – ЭХЗ), составляет 2413,7 км защищенные на 100 % в соответствии с установленными

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

требованиями.

Для контроля уровня защищенности от коррозии подземных стальных газопроводов Общества при регулярных проверках эффективности систем ЭХЗ, в соответствии с нормативными требованиями, проводятся измерения защитного потенциала на более чем 12 тыс. точках измерения.

Актуальность формирования надежной и экономичной системы сбора и обработки информации о состоянии объектов защиты от коррозии систем газораспределения Общества на основе современных цифровых технологий, обеспечивающей простоту и оперативность получения данных, и минимизацию ошибок пользователей.

Основные задачи по разработке элементов инфраструктуры системы контроля параметров защиты от коррозии сетей газоснабжения с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия:

- определение первоочередных производственных объектов ЭХЗ для внедрения указанной технологии;
- анализ технических характеристик и видов объектов внедрения с целью определения условий будущей работы устройств беспроводной передачи данных малого радиуса действия и их компоновки;
- разработка требований к опытному образцу оборудования.

Регулярные измерения параметров систем противокоррозионной защиты Общества, для которых целесообразно проведение цифровой трансформации информационных потоков, имеют ряд особенностей. Системы ЭХЗ городских газовых сетей оснащены устройствами телеконтроля, но часть работ по контролю параметров ЭХЗ проводится вручную, что достаточно трудоемко и сопряжено с определенными проблемами, существенно влияющими на достоверность получаемых данных:

- ненадежность организации электрического контакта с грунтом при проведении электрометрических измерений;
- высокая трудоемкость проведения электрометрических работ в городских условиях и необходимость последующей камеральной обработки данных;
- вероятность проведения недостаточно полных и достоверных замеров защитного потенциала из-за влияния «человеческого фактора»;
- вероятность ошибки при определении опасного влияния блуждающих токов из-за высокой дискретности «ручного» съема данных;
- необходимость инженерного оборудования точек измерения защитного потенциала в условиях городской застройки (защита от вандализма и повреждений, обеспечение защиты от погодных воздействий, обеспечение требований маркировки и дизайна).

Контрольно-измерительные пункты (КИП) представлены в Обществе в наземном и подземном исполнении. Подземные КИП (коверы) выполнены, как правило, из не радиопрозрачных материалов (сталь, чугун). Внутри КИП имеется

клеммная площадка, куда выводятся контакты кабеля от подземного оборудования (газопровод, электрод сравнения, датчик скорости коррозии), регистрируемыми параметрами являются значения суммарного и поляризационного потенциала газопровода относительно земли, а также сопротивление датчика скорости коррозии. Подключение дополнительных цифровых устройств в подземном КИП сопряжено с определенными проблемами, обусловленными необходимостью дополнительной защиты электронной схемы от почвенной влаги и обеспечении проходимости радиосигнала. Подключение дополнительных устройств к наземным КИП сложности не представляет.

Специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ», с учетом условий эксплуатации и параметров объектов систем газораспределения Общества, на основе предварительно проведенного патентного поиска и оценки, предлагаемых российскими компаниями-производителями технических решений, было предложено рассмотреть применение технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия NFC.

NFC (Near Field Communication) – беспроводная технология обмена данными частоте 13,56 МГц, является развитием стандартов бесконтактных карт ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693, и обеспечивает с ними обратную совместимость. NFC-устройства, совместимые с ISO/IEC 14443, позволяют осуществлять обмен данными на расстоянии до 10 см со скоростью 106-848 кбит/с. NFC-устройства, совместимые с ISO/IEC 15693, позволяют осуществлять обмен данными на дистанции до 1 м со скоростью до 53 кбит/с. Оба упомянутых международных стандарта представлены и применяются в России в формате ГОСТ Р.

Потенциальным достоинством для систем защиты от коррозии и коррозионного мониторинга сетей газораспределения в условиях плотной городской застройки (в том числе скрытного и вандало-защищенного исполнения) является помехозащищенность, быстрое и простое проведение подключения и передачи информации. Для сбора и регистрации данных не требуются специальные средства измерений, целесообразно использование смартфонов с функцией NFC. При интеграции цепей измерения и передачи информации в первичные устройства (установки электрохимической защиты, пункты контроля защитного потенциала) операция опроса данных будет сопоставима с проведением бесконтактного прохода через турникет по смарт-карте. Результаты измерений при этом не будут зависеть от опыта и квалификации оператора [1-6].

Применительно к задачам контроля параметров сложных технических систем рассмотрен ряд публикаций, использующих технологию NFC для контроля технических устройств объектов нефтегазового комплекса. На примере рассмотренных технических решений можно отметить, что возможности технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия предлагается использовать для быстрого установления базовых паспортных

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

данных (идентификации) оборудования и последующей активизации других каналов передачи данных (Bluetooth, Wi-Fi).

Вместе с тем, возможности NFC значительно шире, и данная технология позволяет реализовать задачи сбора передачи оператору информации о техническом состоянии объекта контроля на носимое устройство (смартфон с технологией NFC), а дальнейшая передача информации может быть реализована за счет штатных функций смартфона. Для реализации автономных датчиков, не имеющих внешнего энергоснабжения, вполне достаточно NFC-канала с небольшим радиусом действия. При этом датчик получает все преимущества беспроводного интерфейса, в том числе отсутствие контактных соединений и мобильность. Кроме того, в этом случае можно полностью герметизировать датчики. Дополнительным плюсом NFC становится простота разработки и низкая стоимость реализации таких устройств.

Технология потенциально позволяет реализовать передачу информации и одновременную бесконтактную (беспроводную) передачу энергии первичным устройствам (реализация функций бесконтактной зарядки и энергообеспечения первичных устройств при проведении измерений с мощностями от единиц до десятков Вт). Потенциально может быть реализована передача энергии и одновременная трансляция данных со скоростью 106 кбит/с на расстоянии между инициатором и целью до 3 см, и до 848 кбит/с – на расстоянии до 4 мм.

Максимальный КПД такой системы ( $\eta$ ) с точки зрения передачи энергии может быть определен по формуле:

$$\eta = \frac{\kappa^2 Q^2}{1 + \sqrt{1 + \kappa^2 Q^2}} \approx 1 - \frac{2}{\kappa Q}, \quad (1)$$

где  $Q$  – совокупный коэффициент добротности системы двух отдельных взаимодействующих катушек NFC-пары на стороне передатчика и приемника;  $\kappa$  – коэффициент связи катушек (в диапазоне от 0,33 до 0,52 в зависимости от конструкции катушек).

Приведенный компанией Würth Elektronik расчет резонансных контуров и энергии подтверждают значения КПД передачи энергии от 87 до 94 %. Примером рационального использования технологии NFC является беспроводной NFC-датчик параметров окружающей среды-SMARTAG1.

Одной из российских компаний-разработчиков электронного оборудования, запросу ООО «Газпром ВНИИГАЗ», была технически подтверждена и продемонстрирована возможность реализации электронной части устройства для контроля защитного потенциала подземных сооружений с применением технологии NFC, на основе которой может быть реализована система беспроводного сбора данных о параметрах защиты от коррозии объектов газораспределения (рис. 1).

Техническое решение терминального оборудования ближнего действия

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

PСD для контроля параметров систем защиты от коррозии газораспределительных сетей с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия должно соответствовать всем обязательным требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 14443-2-2014.

Дальнейшую передачу полученной информации по каналам связи для последующей обработки целесообразно реализовать с промежуточным сохранением в памяти используемого в качестве терминала смартфона.

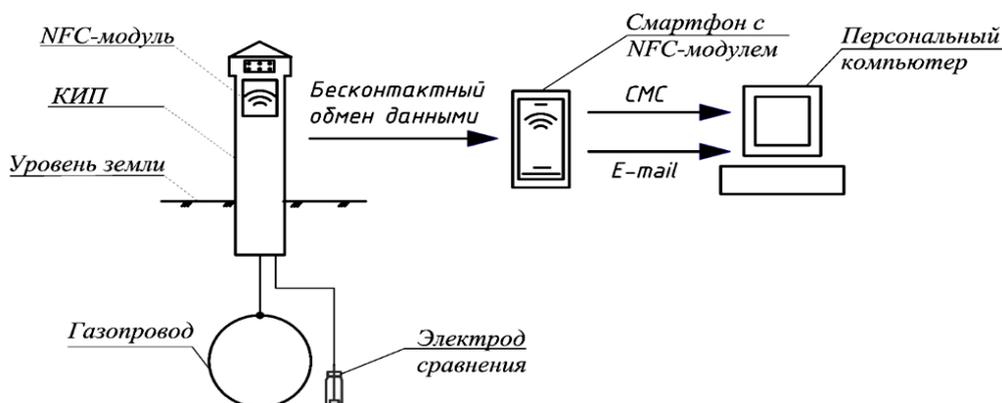


Рис. 1. Схема беспроводного контроля параметров защиты от коррозии на контрольно-измерительном пункте с использованием технологии NFC

Как указано выше, в составе систем защиты от коррозии объектов газораспределения Общества выделены три основных вида оборудования, параметры которого подлежат контролю: СКЗ, СДЗ и КИП. Имеются некоторые различия в коммутации датчиков (к выходным клеммам электроустановки или клеммной площадке КИП) и типах измеряемых параметров в зависимости от вида оборудования ЭХЗ. Однако, для обеспечения взаимозаменяемости и универсальности технических решений, каждое пассивное целевое NFC устройство должно обеспечивать возможность реализации всех измерительных функций, с ограничением недействующих опций при установке на конкретные объекты. При расчетах параметров цепей измерения защитного потенциала газопровода и оценке потребляемой датчиками электроэнергии следует учесть, что подключение к «земле» осуществляется не непосредственно, а через стационарный медно-сульфатный электрод сравнения длительного действия. Для выбранных производственных объектов ЭХЗ, где планируется внедрение беспроводной измерительной технологии, работа первичных NFC датчиков, преимущественно, должна осуществляться без применения дополнительного источника питания.

### Заключение

В рамках создания автоматизированной системы сбора и обработки информации для контроля технического состояния противокоррозионной

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

защиты сетей газораспределения Общества получены следующие основные результаты:

Проведен анализ ключевых параметров эксплуатации оборудования производственных объектов ЭХЗ, подлежащих автоматизированному сбору данных.

На основании имеющейся в Обществе методологии анализа энергоэффективности и оптимизации систем ЭХЗ определены первоочередные объекты для внедрения цифровой технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия.

Определены условия работы и варианты компоновки устройств беспроводной передачи данных на действующем оборудовании ЭХЗ в зависимости от внешних воздействий, возникающих в процессе эксплуатации.

Сформированы функциональные требования к прототипу оборудования:

- по составу и предельным величинам параметров контроля для различных типов оборудования ЭХЗ;
- по скорости и объему беспроводной передачи полученных данных измерений на смартфон оператора;
- в части энергообеспечения устройства без внутренних источников энергии за счет энергии смартфона в процессе измерения и обмена данными;
- защита от внешних климатических /погодных/техногенных воздействий.

#### Список литературы

1. Способ катодной защиты разветвленных подземных трубопроводов: пат. 2765677 Рос. Федерация. № 2021114656/05; заявл. 24.05.2021; опубл. 01.02.2022, Бюл. № 4.
2. Барышева О.Б. Применение IT-технологий в газовой отрасли / О.Б. Барышева, Л.Э. Осипова // Современное строительство архитектура. 2022. № 1. С. 60-65.
3. Мешалкин В.П. Система поддержки принятия решений по управлению рисками опасных ситуаций в сложных системах газоснабжения / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, Р.Р. Кантюков [и др.] // Программные продукты и системы. 2020. № 2. С. 250-256.
4. Ахметов И.А. Системы управления автоматизированными объектами нефтегазодобывающей промышленности с помощью технологии связи малого радиуса действия / И.А. Ахметов // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2014. № 1. С. 539-542.
5. Унтеррайтмайер А. Решение компании WürthElektronik для высокоэффективной беспроводной передачи энергии и данных по одному каналу / А. Унтеррайтмайер // Компоненты и технологии. 2019. № 3.
6. Антенна NFC для применения в носимых устройствах: пат. 2708183 Рос. Федерация. № 2018131318/01; заявл. 23.01.2017; опубл. 04.12.2019, Бюл. № 34.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ШАХТНЫХ ОБЖИГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТЕПЛООВОГО И МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСОВ

Курбатская Н.А.<sup>1</sup>, Пищенко А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

<sup>2</sup>(ООО «ВЕЗА», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрена оптимизация газопотребления шахтных обжиговых печей по показателям теплового и материального балансов.*

Шахтные обжиговые печи широко применяются в промышленности строительных материалов, например, при производстве извести. Учитывая наличие развитой газотранспортной и газораспределительной инфраструктуры в Центральном федеральном округе (ЦФО) РФ, а также достаточные объемы газодобычи, подавляющее большинство теплотехнологических установок используют в качестве топлива природный газ, удаленность регионов от мест добычи каменных углей. Применение газа обеспечивает чистоту продукта обжига, экологичность и уменьшение затрат на подготовку топлива и автоматизацию управления процессом [1-4]. Предприятиями по производству минеральных продуктов потребляется 60-70 % газа.

Высока актуальность эффективности использования топлива при работе газовых обжиговых печей на режимах, не соответствующих проектным, по ряду причин. Во-первых, вследствие зависимости предприятий от сырьевых источников характеристики обжигаемых пород могут изменяться при истощении карьеров, изменении условий хранения сырья и подготовки его к обжигу [1, 2, 5].

Во-вторых, предприятия, выпускающие материалы и конструкции для строительства, сильно зависимы от ситуации в стране – объёмы выпуска этой продукции соответствуют объемам их потребления в капитальном, индивидуальном и дорожном строительстве. Для этой отрасли характерна также сезонная неравномерность выпуска продукции. Поэтому загрузка производственных мощностей предприятий строительной индустрии неравномерна, что также сказывается на режимах работы единичного оборудования [5].

Следовательно, при отсутствии оптимизации потребления природного газа при обжиге известняка при изменении режимов работы печей, увеличивается энергоёмкость выпускаемой продукции за счет роста топливной составляющей. Поэтому особенно важно формирование энергоэффективных режимов работы теплотехнологических установок и комплексов, позволяющих оптимизировать расходы топлива и энергии [5-7].

Обожженная известь (CaO) – полупродукт, получаемый при обжиге известняка при температуре 800-1000 °С [1, 2]. Кроме основного компонента – CaO, в состав технологического продукта входят также MgO, остатки

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

неразложившегося  $\text{CaCO}_3$  и примеси, содержащиеся в сырьевой породе. Требуемое содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  в извести первого сорта, применяемой для производства строительных материалов, должно быть не менее 90 %, а качественной считается известь, если в ней не менее 92 %  $\text{CaO}$ . Химический состав извести определяется химическим составом сырья (известняка) – природной карбонатной породы, состоящей из карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ , карбоната магния  $\text{MgCO}_3$  и примесей в виде песка и глины (оксиды кремния, алюминия, железа, сера, фосфор, органические соединения и др.).

Получение продукта с заданными свойствами, отвечающего требованиям отрасли, требует разработки соответствующих технологических режимов и конструкций печей [2]. Количество природного газа, необходимого для обжига, зависит от режима обжига, состава карбонатной породы и размеров ее кусков, влажности известняка, типа установки и ее теплотехнологического зонирования. Расход газа является важным показателем энергоэффективности печи и определяется ее тепловым балансом.

Самыми распространенными для обжига карбонатных пород в промышленных объемах являются шахтные печи с плотным слоем. На их долю приходится более 90 % вырабатываемой извести [8]. Обжиг основан на химических и физико-химических превращениях – термическом разложении карбоната кальция и магния, испарении влаги, горении топлива. Энергоперенос при этом определяется тепловыделением при сжигании природного газа и поглощением теплоты при испарении влаги, тепловыми эффектами химических реакций разложения, протекающих с поглощением теплоты, конвективным теплообменом между сырьем и продуктами горения топлива, а также между остывающим технологическим продуктом и воздухом.

Теплотехнологическое зонирование шахтной известково-обжигательной печи, как правило, соответствует схеме на рис. 1. Основными этапами технологического процесса обжига кускового известняка являются нагрев технологического сырья до температуры начала термической диссоциации карбоната кальция, диссоциирующий обжиг и охлаждение извести. Для более полного использования теплоты топлива технологический процесс обжига кускового известняка происходит в трех зонах: экономайзерной зоне, зоне обжига и зоне регенеративного охлаждения (рис. 1).

В настоящее время уже достаточно усовершенствованы теплотехнические схемы и конструкции шахтных обжиговых печей, разработаны методики проектных расчетов, обосновывающих протяженность теплотехнологических зон [2, 7]. Наибольшее влияние на расход топлива для обжига оказывает доленое соотношение в составе сырья карбонатов кальция и магния, а также примесей.

Математическая формулировка задачи расчета шахтной печи для обжига известняка сводится к системе уравнений тепловых и материальных балансов зоны обжига, экономайзерной зоны и зоны регенеративного охлаждения продукта [2, 9].

Тепловой баланс теплотехнологического процесса в целом имеет вид:

$$Q_{x,t} + H_t + H_v + H_{t,c} = H_{t,p} + H_{ог} + Q_{oc} + Q_{энд} + Q_{x,h}, \quad (1)$$

где  $Q_{x,t}$  – химически связанная теплота топлива;

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

$H_T, H_B, H_{T.C}$  – теплосодержание топлива, воздуха и сырья, подаваемых в установку;

$H_{T.П} H_{ог}$  – теплосодержание технологического продукта и отходящих газов, воздуха и сырья, отводимых из установки;

$Q_{энд}$  – теплота эндотермических реакций разложения карбонатов;

$Q_{ос}, Q_{x.н}$  – теплота потерь в окружающую среду и химический недожог.

Материальный баланс теплотехнологического процесса имеет вид:

$$m_{mc}^{6l} + m_m^{6l} + m_g^{6l} = m_{ог} + m_{yn} + m_{mn}, \quad (2)$$

где  $m_{mc}^{6l}, m_m^{6l}, m_{mc}^{6l} + m_m^{6l} + m_g^{6l}$  – удельные расходы технологического сырья, топлива и воздуха;

$m_{ог}, m_{yn}, m_{mn}$  – удельные выходы отходящих газов, уноса и технологического продукта.

В сформированной модели аналитических исследований приняты традиционная компоновка зон подогрева, обжига и охлаждения в футерованной огнеупорами шахте, противоточное движение газов и материалов во всех зонах, максимальная температура технологического процесса не более 1250 °С при позонной подаче воздуха на горение: подогретого до 140 °С – в 3О, холодного – в ЗРО. Математическая модель и особенности реализации содержатся в [5].

Важно, что слагаемые теплового баланса  $Q_{x.т}, H_T, H_B, H_{ог}$  непосредственно зависят расходом топлива, а остальные – определяют его. Пример теплового баланса, сформированного в результате автоматизированного расчета, показан в табл. 1. Пример материального баланса, сформированного в результате автоматизированного расчета, показан в табл. 2.

Таблица 1 – Тепловой баланс обжига известняка

Приход	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг СаО}}$	%	Расход	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг СаО}}$	%
Химическая теплота топлива, $Q_{xt}$	5897,22	95,46	Энтальпия отходящих газов, $H_{ог}$	1360,8	22,04
Энтальпия топлива, $H_T$	15,85	0,26	Теплота химического недожога, $Q_{xn}$	176,92	2,87
Энтальпия технологического сырья, $H_{T.C}$	38,6	0,62	Энтальпия технологического продукта, $H_{T.П}$	333,1	5,4
Энтальпия воздуха, $H_B$	226,3	3,66	Тепловой эффект эндотермических реакций, $Q_{энд}$	3726,55	60,37
			Потери теплоты через ограждения, $Q_{ос}$	575,53	9,32
Итого	6177,97	100	Итого	6172,9	100

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Таблица 2 – Материальный баланс обжига известняка

Приход	$\frac{\text{кг}}{\text{кг CaO}}$	%	Расход	$\frac{\text{кг}}{\text{кг CaO}}$	%
Влажное технологическое сырье, $m_{\text{ТС}}^{\text{ВЛ}}$	2,1978	45,56	Жженая известь, $m_{\text{ТП}}$	1,113	23,1
Влажное топливо, $m_{\text{Т}}^{\text{ВЛ}}$	0,25	5,18	Унос, $m_{\text{УН}}$	0,08	1,7
Влажный воздух, $m_{\text{В}}^{\text{ВЛ}}$	2,3758	49,26	Отходящие газы, $m_{\text{ОГ}}$	3,623	75,2
Итого	4,8236	100	Итого	4,816	100

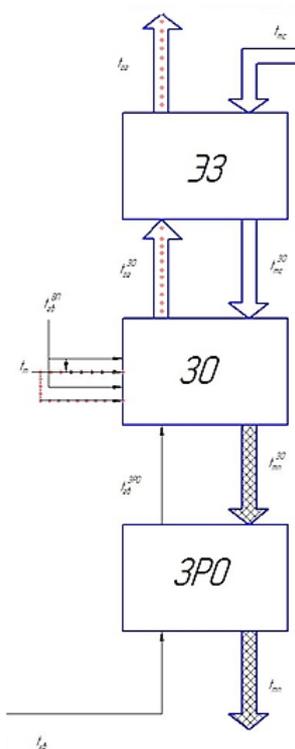


Рис. 1. Теплотехнологическая компоновка шахтной печи

Анализ теплотехнологического процесса обжига известняка, необходимый для выработки энергоэффективных режимов работы шахтных обжиговых печей, проведен с целью исследования влияния управляемых параметров организации горения топлива на расход газа при обеспечении степени термической диссоциации  $\text{CaCO}_3$  не менее 0,97, регламентированных тепловых потерь в окружающую среду, соответствующих печам с соблюдением норм изоляции, и качества выпускаемой продукции.

Результаты выполненных расчетно-аналитических исследований влияния влажности технологического сырья на расход природного газа известково-обжигательной печи показали, что при изменении влагосодержания сырья  $d_{\text{ТС}}$  от 0,06 до 0,18 кг/кг и неизменной загрузке  $M_{\text{ТС}}$  увеличивается удельный расход топлива (расход топлива на 1 кг технологического продукта – товарной извести) на 5-10 % при уменьшении производительности установки Р на 8-10 %.

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Чем больше массовое количество загружаемого в печь влажного сырья, тем заметнее нелинейность влияния влагосодержания на изменение расхода топлива на обжиг (рис. 2). Это обусловлено соотношением теплоты, затраченной на разложение карбонатов, и испарение влаги, а также соотношением водяных эквивалентов газов и кускового материала и температурных напоров в ЭЗ. При одинаковом количестве загружаемого сырья для работы шахтной печи на режимах, не превышающих допустимых напряжений внутреннего пространства  $P_s = 0,12-0,16$  кг CaO/(м<sup>2</sup>·с), можно считать, что удельный расход топлива практически линейно зависит от влагосодержания сырьевой смеси при влагосодержании до 0,18 кг/кг. Загрузку карбонатной породы с влагосодержанием свыше 0,18 кг/кг в шахтную печь не производят.

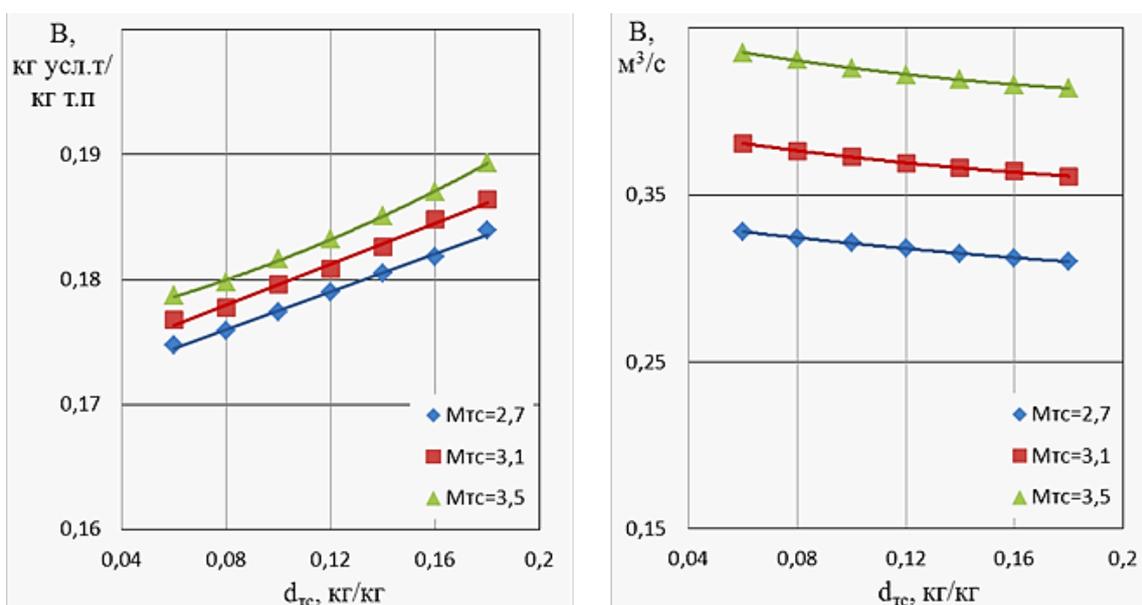


Рис. 2. Зависимость удельного расхода условного топлива и расхода газа от влагосодержания сырья

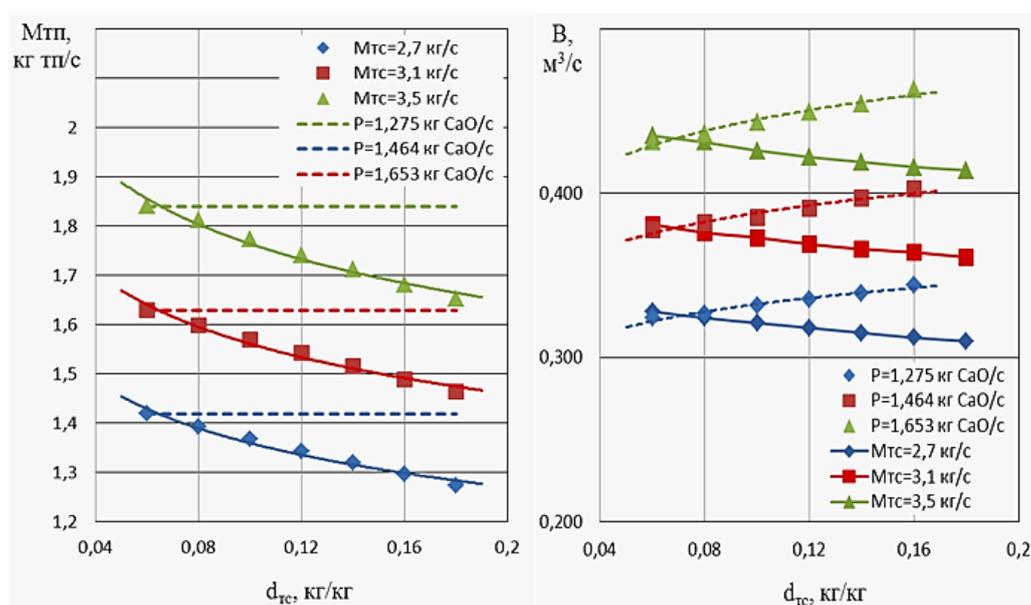


Рис. 3. Выпуск извести и расход газа в шахтной печи при различном влагосодержания сырья

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Полученные результаты, показывающие небольшие изменения удельных расходов топлива, получены при определенной организации процесса. В качестве основных управляемых факторов наибольшее влияние на эффективность сжигания газа оказывают количество воздуха, проходящего через ЗРО, которое увеличивается на 5,5-8 % для сохранения интенсивности энергопереноса в этой зоне, и рост на 5,5-4 % продолжительности обжига известняка вследствие смещения границы теплотехнологических зон ЭЗ и ЗО. Расход топлива на установку уменьшается на 5-6 % вследствие уменьшения производительности  $P$  при выпуске извести, соответствующей качественным показателям товарной извести.

Можно сохранить производительность печи  $P$  при росте влагосодержания сырья, если это не противоречит допустимым условиям эксплуатации загрузочных устройств – для этого требуется увеличить количество загружаемого влажного сырья на 9,4 % при максимальной влажности. Выпуск товарной извести станет больше на 11 % (рис. 3), а удельный расход топлива возрастет при этом на величину до 2 %. Поэтому расход топлива шахтной печи увеличивается более, чем на 10-11 % (рис. 3).

При изменении фракционного состава загружаемого в печь известняка часто уменьшается содержание  $\text{CaCO}_3$  и увеличивается содержание примесей. В этом случае при одинаковой загрузке  $M_{\text{тс}}$  и влагосодержании сырья  $d$  концентрация  $\text{CaO}$  в извести уменьшается.

При одинаковой загрузке  $M_{\text{тс}}$  и влагосодержании сырья  $d$  удельный расход топлива  $b$  на обжиг практически не зависит от содержания  $\text{CaCO}_3$  в составе известняка (рис. 4). При этом расход топлива на кг извести тем больше, чем выше содержание карбоната в сырье и больше количество загружаемого сырья  $M_{\text{тс}}$ . Если учесть, что одновременно увеличивается производительность печи  $P$  и повышается температура газов на выходе из установки, то удельный расход газа на обжиг возрастает. При увеличении производительности печи  $P$  на 6 % расход топлива на установку повышается только на 5 %.

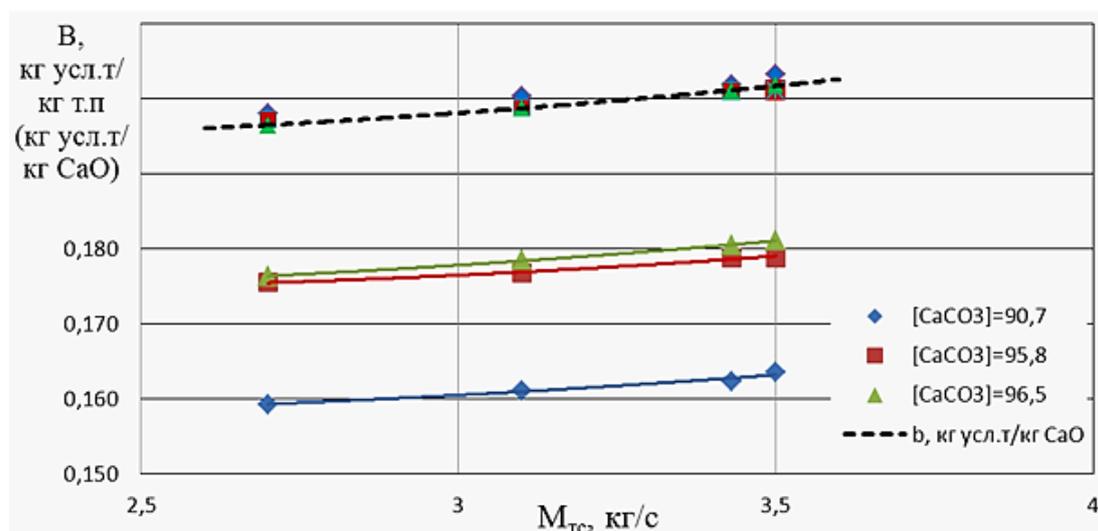


Рис. 4. Удельный расход топлива в шахтной печи при различном составе известняка

### Заключение

Обжиг известняка с большим содержанием карбонатов позволяет не только получить более качественную известь, но и снизить топливную составляющую в энергоемкости продукции. Учитывая перечисленные условия, определяющие особенности процессов и структуру теплопотребления в процессе обжига карбонатного сырья, основными режимными параметрами, определяющими эффективность использования газа в шахтных печах для обжига извести, являются время обжига, значения расхода технологического сырья  $M_{тс}$  и расхода топлива  $B$ , количество воздуха, направляемого в ЗРО, определенные в соотношении к изменениям характеристик сырья и топлива.

Важным фактором повышения теплового КПД обжиговой печи и снижения топливной составляющей в энергоемкости продукции заданного качественного состава является оптимизация работы зон подогрева сырья и охлаждения извести с целью обеспечения расчетных условий теплообмена в зонах.

### Список литературы

1. Табунщиков Н.П. Производство извести / Н.П. Табунщиков. Москва: Химия, 1974. 240 с.
2. Монастырев А.В. Печи для производства извести / А.В. Монастырев, Р.Ф. Галиахметов. Воронеж: Истоки, 2010. 392 с.
3. Дресвянникова Е.А. Энергосберегающие технологии при производстве строительных материалов / Е.А. Дресвянникова, Ю.В. Готулева // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8. С. 301-302.
4. Стребков А.С. Энергосбережение при производстве минеральных продуктов / А.С. Стребков, Н.А. Курбатская // Наука и производство: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 19-20 марта 2009 г.). Брянск: БГТУ. 2009. Ч. 2. С. 262-263.
5. Курбатская Н.А. Анализ эффективности сжигания газа в шахтных обжиговых печах предприятий по производству строительных материалов / Н.А. Курбатская // Совершенствование энергетических машин: сб. науч. трудов Брянск: БГТУ. 2017. С. 199-213.
6. Питак И.В. Совершенствование производства извести в шахтных печах / И.В. Питак, П.В. Шапоров, А.В. Шестопапов [и др.] // Процессы и оборудование пищевых и химических производств. 2014. № 6/1 (20). С. 59-63.
7. Нехлебаев Ю.П. Экономия топлива при производстве извести. Москва: Металлургия, 1987. 136 с.
8. Компанеец В.Н. Сокращение использования природного газа за счет перевода существующих известково-обжигательных печей на твердое топливо / В.Н. Компанеец // Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: сб. трудов I междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов в области проекта предприятия горно-металлургического комплекса. Харьков: Энергосталь. 2011. С. 122-134.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЦЕХА СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Пищенко А.С.<sup>1</sup>, Курбатская Н.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ООО «ВЕЗА», г. Брянск, Россия)

<sup>2</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрена реконструкция системы вентиляции цеха сварки. Описано примененное оборудование и его принцип работы.*

Сварочный цех является одним из наиболее опасных производственных помещений по объемам выделяющихся вредных газообразных веществ. Процесс сварки связан с активным сгоранием присадок и специального покрытия электродов. Воздушная среда производственных помещений может загрязняться сварочным аэрозолем, в составе которого возможно наличие окислов металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразных фтористых соединений, а также окиси углерода, окислов азота и озона. Наличие в сварочном аэрозоле перечисленных веществ может привести к возникновению у сварщиков профессиональных интоксикаций и пневмокониоза, характер развития и тяжесть течения которых зависят от химического состава, концентрации и длительности воздействия сварочных аэрозолей. Именно поэтому цеха сварки должны быть оборудованы эффективно работающей системой вентиляции.

Основными задачами вентиляционной системы сварочного цеха являются:

- удаление вредных веществ, выделенных в процессе выполнения работ, посредством местных отсосов;
- создание микроклимата, соответствующего нормативным требованиям;
- вывод вредностей из атмосферы цеха, с помощью общеобменной вентиляционной системы;
- подача в цех необходимого количества свежего воздуха.

Основными документами, регулирующими режим воздухообмена в сварочных цехах, являются:

- СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [1];
- СП 1009-73. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов [2].

По состоянию на июль 2020 года в цеху сварки рабочих колес ООО «ВЕЗА» в г. Брянск температура воздуха доходила до 40 °С, атмосфера была насыщена сварочными аэрозолями – стоял густой туман. Система вентиляции реализована была двумя центральными кондиционерами КЦКП-12,5, работающими без сети, а также местными гибкими вытяжными устройствами КУА производства «Совплим», объединенными воздухопроводом, с выбросом на улицу. Было принято решение о реконструкции системы вентиляции и подготовлен проект. Существующую систему вентиляции дополнили

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

модульными самоочищающимися фильтрами компании «Совплим» (рис. 1), от использования местных вытяжных устройств отказались (рис. 2).



Рис. 1. Модульные самоочищающиеся фильтры «Совплим»

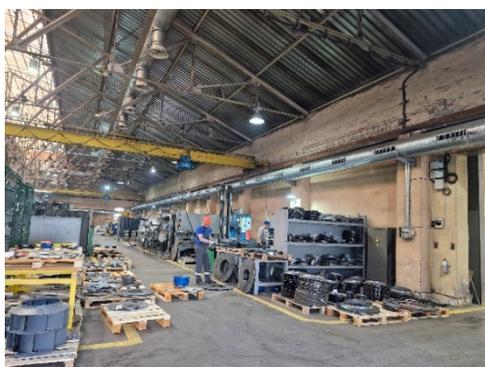


Рис. 2. Вытяжная вентиляция в цеху сварки



Рис. 3. Кондиционеры КЦКП-12,5 производства «ВЕЗА»



Рис. 4. Компрессорно-конденсаторный блок МАКК-Т

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Для обеспечения комфортных условий труда для сотрудников летом была смонтирована система охлаждения воздуха, совмещенная с вентиляцией. Приточно-вытяжные установки были дополнительно оборудованы секциями фреоновых воздухоохладителей (испарителей) (рис. 3), а снаружи здания размещены компрессорно-конденсаторные блоки собственного производства МАКК-Т (рис. 4).

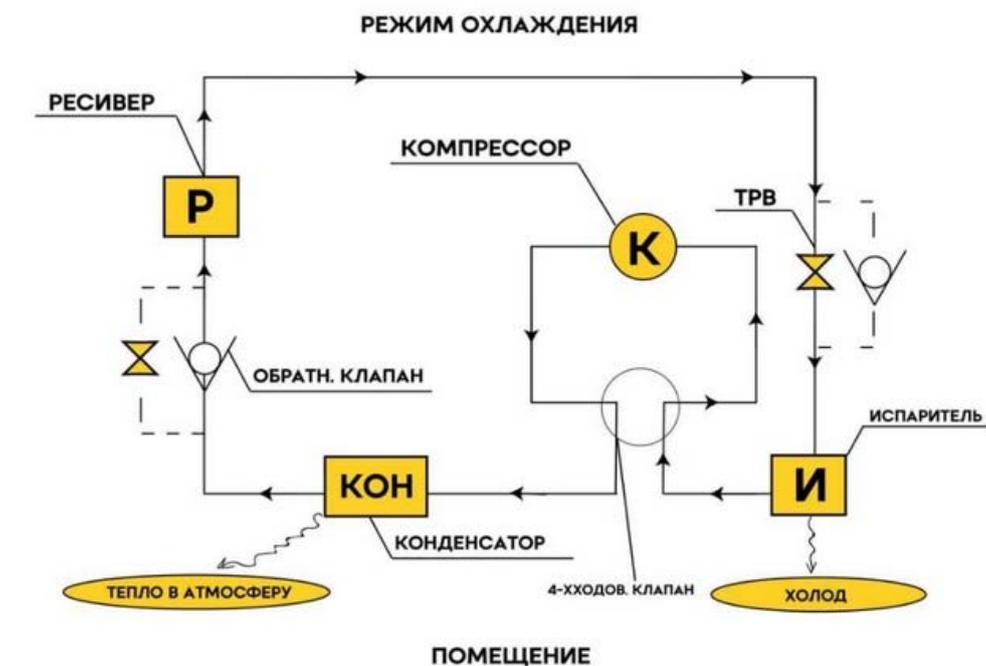


Рис. 5. Принципиальная схема работы системы «МАКК-Т+КЦКП+ТРВ» в режиме охлаждения

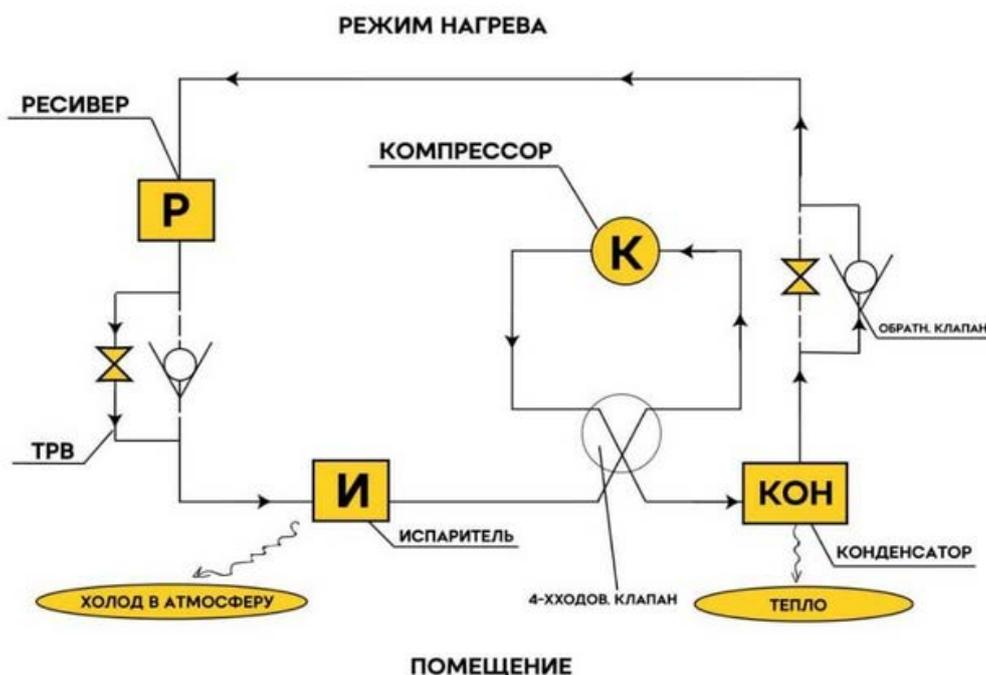


Рис. 6. Принципиальная схема работы системы «МАКК-Т+КЦКП+ТРВ» в режиме нагрева

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

Агрегаты МАКК-Т представляют собой компрессорно-конденсаторные блоки с реверсивным холодильным контуром (функция теплового насоса), что позволяет использовать данные агрегаты как на охлаждение (рис. 5), так и на обогрев в межсезонье (рис. 6) – до температуры наружного воздуха плюс 5 °С.

Очевидно, что система имеет четыре основных элемента: испаритель, компрессор, конденсатор и расширительное устройство – терморегулирующий вентиль (ТРВ).

Для осуществления реверсиремости потока в контур установлены четырехходовой клапан, еще один терморегулирующий вентиль и обратные клапаны. При работе в режиме охлаждения воздуха летом испарителем является теплообменник, установленный в центральном кондиционере, компрессор и конденсатор объединены в агрегате МАКК-Т. Соответственно, в режиме нагрева воздуха теплообменник в КЦКП выполняет функцию конденсатора, а испаритель находится в МАКК-Т.

Цех сварки ООО «ВЕЗА» в г. Брянск оборудован двумя компрессорно-конденсаторными блоками МАКК-Т 320-351 РП-МО. В режиме охлаждения воздуха летом каждый из них обеспечивает 32 кВт холода (при температуре окружающей среды плюс 30 °С), потребляемая мощность при этом составляет 8,5 кВт. В режиме нагрева каждый обеспечивает 34 кВт тепла при потребляемой мощности 6 кВт (при температуре окружающей среды плюс 5 °С). Коэффициенты энергоэффективности соответственно EER 3,8, COP 5,7 – что относится к классу энергопотребления А [3].

#### Заключение

Таким образом, после реконструкции системы вентиляции температура летом в цеху составила около 23 °С, сварочные аэрозоли эффективно удаляются из атмосферы, появилась возможность подогрева приточного воздуха в межсезонье за счет теплового насоса.

#### Список литературы

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Москва: Минстрой России, 2020. 150 с.
2. СП 1009-73. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов. Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1973. 28 с.
3. Холодильное оборудование ВЕЗА вер.3. Москва: ВЕЗА, 2021. 225 с.

## ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА В МНОГОЭТАЖНОМ СТУДЕНЧЕСКОМ ОБЩЕЖИТИИ

Ульянов А.А., Коростелева О.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В статье рассматриваются особенности монтажа противопожарного водопровода в жилых зданиях этажностью выше 6, его обслуживание, а также особенности эксплуатации.*

Необходимость проектирования и пожарные требования к внутреннему противопожарному водопроводу регламентируются СП 10.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности».

Внутренний противопожарный водопровод проектируется для следующих объектов:

- жилые здания высотой от 12 этажей и выше,
- здания управлений от 6 этажей и выше,
- общежития и общественные здания – независимо от этажности, зависит от объема здания,
- административно-бытовые здания промышленных предприятий объемом от 5000 м<sup>3</sup>;
- клубы с эстрадой, театры, кинотеатры, актовые и конференцзалы, оборудованные киноаппаратурой,
- производственные и складские помещения.

Внутренний противопожарный водопровод – это совокупность трубопроводов и технических средств, обеспечивающих подачу воды к пожарным кранам. Исходя из этого понятно, что для подачи воды необходимы не только трубы, но и технические средства, которые включают в себя насосы повысители и систему автоматики. Внутренние противопожарные водопроводы имеют четыре основных схемы: без насосов повысителей питающихся от ввода в здание и где хватает напора городской сети для требуемого расхода на пожаротушение; с насосами повысителями, которые включает автоматика внутреннего противопожарного водопровода и обеспечивает требуемый расход воды на пожаротушение; с водонапорным баком или пневмобаком и насосами тогда, когда гарантированный напор меньше требуемого, с обеспечением неприкосновенно противопожарного запаса на первые 10 мин пожаротушения; с запасным резервуаром, когда в отдельные часы суток ощущается недостаток воды или гарантированный напор меньше 5 мин.

Одна из основных проблем водяного пожаротушения это его дороговизна. Но в то же время тушение водой это один из самых эффективных способов тушения пожара. Существует два вида установок водяного пожаротушения это автоматическая установка водяного пожаротушения и внутренний

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

противопожарный водопровод. Еще одна причина неисправности внутреннего противопожарного водоснабжения его не своевременное и не качественное обслуживание, так как системы внутреннего противопожарного водоснабжения используются крайне редко. Использовать внутренний противопожарный водопровод могут только люди, прошедшие инструктаж и ознакомленные с техникой безопасности. Использование внутреннего противопожарного водопровода эффективно на не больших очагах пожара и на ранних стадиях пожара.

Очень часто при проверке работоспособности внутреннего противопожарного водопровода выявляется не работоспособность насосов повысителей или недостаточный расход воды на пожаротушение, что приводит к выводу о несоответствии внутреннего противопожарного водоснабжения требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности. Как правило пожарные подразделения, прибывшие на пожар, не используют установленную на объекте систему внутреннего противопожарного водопровода, а прокладывают собственные магистрали. Так же основной задачей пожарных подразделений является эвакуация (спасение) людей [1, 2].

Устанавливать систему пожарного водопровода могут только компании, которые получили лицензию МЧС. Это обязательное условие должно быть выполнено, поэтому перед заключением договора на монтаж следует обязательно проверить наличие разрешительных документов у контрагента.

После того, как все необходимые бумаги будут подписаны, работы по установке системы противопожарной системы будут осуществлены в следующей последовательности:

Приобретение оборудования и материалов. Эта работа выполняется в четком соответствии со сметами, которые были предварительно рассчитаны специалистами.

На сегодняшний день кроме традиционных металлических труб, могут применяться при труднодоступном монтаже во время ремонта системы пожаротушения полимерные трубы из ПП. Есть отечественные трубы и импортного производства, но в итоге их монтаж экономичнее, чем металл и сварка. Сертифицированная продукция – гарантия качества, а маркировка или инструкция к применению, выданная при покупке, подтверждают их возможность использования в ВПВ.

Полипропиленовые трубы, применяемые в системах для тушения пожара, имеют неоспоримые преимущества:

- устойчивость к конденсату;
- износостойкость;
- не забиваются ржавчиной;
- имеют более простой монтаж с помощью диффузионной сварки и фитингов;
- меньше удельный вес и пониженная нагрузка на конструкцию (важно при монтаже на верхних этажах и в пристройках);
- не воспламеняются;

### Секция 3. Теплоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование

- имеют повышенную пропускную способность, благодаря чистой гладкой поверхности внутри и отсутствия грубых швов.

Специализированные полимерные трубы защищены от воспламенения огнеупорным слоем. Монтаж фитингами гарантирует прочную состыковку с металлической частью системы и между собой. Благодаря отсутствию в системе сварных стыков, исключены протечки. Отсутствие потребности в сварочном аппарате дает возможность проводить стыковку труб на промышленных объектах в рабочее время – без остановки производства.

Совместимость с хозяйственным трубопроводом для подачи питьевой воды и системы пожаротушения из ППУ труб подтверждается устойчивостью к ряду процессов. В них не образуется:

- накипь (осадок кальция);
- ржавчина;
- химический и биологический осадок (заиливание).

Комплектуемые и трубы полимерных систем типа FIREPROFF предлагаются в разных вариантах по цвету, поэтому на открытых участках подбираются под общую отделку. Небольшой вес облегчает их транспортировку. Способ состыковки легко освоить и применять на разных объектах, при этом не нужна сертификация и допуск, как при организации сварочных работ традиционным способом.

После проверки качества работ подписывается акт о приемке. Также потребуется внести изменения в план тушения пожаров на объекте и схему расположения противопожарных средств. Эти документы, а также другие бумаги на пожарный водопровод, хранятся у владельца объекта.

#### Заключение

В заключении необходимо отметить, что для поддержания пожарного водопровода в рабочем состоянии необходимо постоянное, не менее 1 раза в месяц, обслуживание и проведение проверки системы, а также раз в полгода проверка производительности и раз в год проведение гидравлической проверки пожарных трубопроводов.

Наличие на объекте пожарного водопровода позволяет не только осуществить тушение пожара, но и качественно выполнить огнезащитную обработку конструкций, которые еще не охвачены пламенем. Таким образом, можно существенно снизить ущерб от пожара и уменьшить временные затраты на локализацию огня.

#### Список литературы

1. Официальный сайт <https://www.montajgrad.ru/publications/pozharnyy-vodoprovod-osobennosti-montazha-i-obslyuzhivaniya/>.
2. Официальный сайт <https://www.krani.su>.

**Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана  
историко-культурного наследия**

**НЕОКЛАССИЦИЗМ В АРХИТЕКТУРЕ ВОЗРОЖДЕНИЯ  
ПОСЛЕВОЕННОГО БРЯНСКА**

Городков А.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Дана характеристика неоклассического стиля в советской архитектуре. Приведены примеры проектов, осуществленных в стиле ретроспективной классики в г. Брянске, выполненные местными зодчими, показана их роль в градостроительстве и формировании эстетически выразительной застройки города периода 1946-1958 гг.*

Период 1930-х – первой половины 1950-х годов характеризуется изменившейся творческой направленностью советской архитектуры, отходом от конструктивизма и других направлений, переходом к этапу использования классического архитектурного наследия. Ставилась задача усиления внимания к идейно-художественной стороне архитектуры, которая должна была созданием ярких величественных образов отражать пафос созидания первого социалистического государства<sup>1</sup>. Изменение политической ситуации в стране и консервативная политика советских властей оказали существенное влияние на становление неоклассицизма как главенствующего стиля сталинской эпохи. В это время широкий размах получает пропаганда традиционных ценностей и идеология высокой гражданственности, что и послужило основным критерием для укрепления позиций сталинского неоклассицизма.

За весь период 1930-х – 1950-х гг. в облике русских городов произошли значительные изменения: были полностью перестроены несколько крупных транспортных магистралей, а также перепланированы и заново застроены после войны города, в числе которых были Минск, Калинин, Волгоград (бывший Сталинград). Использование классического архитектурного наследия было понято как необходимость переноса на современные здания ордерных форм, а порой и готовых мотивов реалистической архитектуры прошлых эпох. Это привело к декоративно насыщенной украшательской архитектуре, которая особенно расцвела в первые послевоенные годы. В застройке улиц и площадей городов проявляется стремление к торжественности и монументальности. Каждому зданию, даже второстепенному производственному корпусу

---

<sup>1</sup> Советские власти не считали русский классицизм XVIII века порождением царского режима, поскольку он был признан общеевропейским явлением и в то же время ассоциировался с периодом Французской революции став синонимом прогресса. Все эти качества позволили обратиться к архитектуре неоклассицизма, как к исторически сложившемуся национальному русскому стилю, полностью отказавшись от идей конструктивизма, рационализма и других новоявленных течений начала XX века. Неоклассицизм в первую очередь преследовал урбанистические цели, поэтому помимо жилых домов в духе нового стиля строились магазины, вокзалы, школы, комбинаты и т.д. Приставка «нео» в этом случае является абсолютно оправданной, поскольку исторически сложившийся в архитектуре классический стиль был в корне переработан советскими архитекторами, хоть и опирался на эпохи Возрождения и архитектуры античности.

#### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

стремились придать парадность, представить его как памятник эпохи.

Решением Советского правительства 1 ноября 1945 года город Брянск включен в число пятнадцати старейших русских городов, подлежащих первоочередному восстановлению.

Руководство страны указывало на необходимость скорейшего восстановления разрушенных городов. Рекомендовалось восстанавливать их на основе современных научных данных советского градостроительства, строить дома не только красивыми, но прежде всего удобными для жизни и деятельности людей, восстанавливать города значительно улучшенными во всех отношениях по сравнению с тем, чем они были до войны. Рабочие строители, архитекторы и инженеры приняли эти указания и с энтузиазмом трудились на восстановительных работах.

Неповторимой геометрией своих улиц и площадей, выразительным рельефом, уютный и масштабный человеку Брянск застраивался долго и трудно, но всегда, соответствуя своей первоначальной классической канве – регулярному плану XVIII века. К лицу городу закономерно пришлась застройка 1940-х – 1950-х годов в советском неоклассическом стиле. В целом, счастливо для Брянска сложилась в эти недолгие годы и политическая воля местной власти. Градостроительство, которое велось в Брянске в полной гармонии с существующим природным окружением, прежней застройкой и ландшафтом, дало этот региональный культурно-исторический феномен – Брянск, называемый в XX веке «самым зеленым городом России». Каждый город уникален, особенно тот, что складывался с течением столетий. И нашим культурным наследием следует гордиться, потому что это наше наследие и это наша история и уникальность, являющиеся признаками единственной и неповторимой Родины [1, 2].

Древний Брянск, слывший в XIX веке «... захудалым уездным городом Орловской губернии», тем не менее, строил гимназии и храмы, больницы, многие общественные здания, скверы, по мере наличия средств обустроивал городскую инфраструктуру... Все это цивилизационные вехи в истории города и всего края, это память, овеществленная и материализованная в архитектуре.

В послевоенные годы в Брянске организуется несколько проектных организаций, приезжают демобилизованные из Советской армии архитекторы, инженеры и техники, молодые специалисты. Требуется много работников проектного дела, чтобы обеспечить проектами широкий фронт строительства.

В ГИПРОГОРе в 1946 году разрабатывается и утверждается Правительством генеральный план городов Брянска и Бежицы – научно-проектный документ развития этих городов на двадцать предстоящих лет, предусматривающий возможность соединения их в будущем в один город (архитектор В.А. Пашков). По этому плану предусмотрено самостоятельное градостроительное развитие обособленных районов – Советского, Володарского и Фокинского – с расширением транспортных связей между ними.

#### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Общегородской центр сохранился на исторически сложившемся месте в Советском районе. Он мыслился в виде системы площадей, расположенных по улицам Советской и Фокина и включал площадь Карла Маркса (бывшая Красная площадь) и площадь перед театром, как аванплощадь вновь проектируемой Центральной площади города на пересечении проспекта Ленина и Советской улицы (с 1970 года площадь имени Ленина). В каждом из городских районов намечалась организация районных площадей: площади Партизан и площади перед ныне существующей гостиницей «Брянск» в Советском районе; площади на пересечении улиц Коминтерна и Клары Цеткин в Володарском районе; площади перед зданием Дворца культуры железнодорожников в Фокинском районе; в Бежице – площадь на пересечении улиц Куйбышева и Металлистов. Застройка жилых кварталов предусматривалась трех- пятиэтажными домами, главным образом секционного типа по серийно разработанным проектам типовых жилых секций и домов. Дома располагались вдоль улиц и площадей, образуя укрупненные кварталы. Разрушенные в военные годы здания подлежали восстановлению с соответствующей реконструкцией. Решение вопросов благоустройства, озеленения, инженерного оборудования, дорог и транспорта намечались в полном объеме, как того требовали градостроительные нормы.

В составе генерального плана проект застройки центра города был выделен в особый раздел. Его разработал архитектор М.П. Парусников при участии архитектора М.Н. Круглова.

Более пятидесяти общественных и жилых зданий в Брянске были возведены в стиле неоклассики. Планмерно создавался торжественный и величественный образ города, соответствующий статусу областного центра, в полном единении с прежней застройкой и выраженным рельефом. После возведения крупных административных зданий в центре города (здание ОК КПСС, жилые дома УВД, арх. Б.П. Шавырин) внимание зодчих было обращено на формирование речного фасада Советского района. Примечателен в этой связи проект арх. А.Э. Фридмана. По замыслу архитектора парадным лицом центра города должен был открываться на Десну. По обеим сторонам улицы Советской (ныне – бульвар Гагарина) предлагалось построить два больших пятиэтажных дома. Башенными возвышениями углов на улицах Советской и Луначарского они призваны были подчеркнуть главную планировочную ось центра города – улицу Советскую и украсить его силуэт. Удачное предложение архитектора так и не было осуществлено. Дом № 45/9 по ул. Луначарского и бульвару Гагарина, единственный из проектной композиции, был возведен в 1951 году и является бесспорным украшением центральной части города.

Постепенное нарастание этажности застройки города по ул. Фокина и Горького было подчеркнуто жилым пятиэтажным домом (№ 25/45), Домом пионеров (ул. Горького), жилым домом по просп. Ленина (№ 45). Автор этих зданий – арх. А.А. Саломехин (рис. 1-3). Арх. Н.В. Куспаком, Г.И. Спиридоновым, З.И. Озеровой и А.Е. Певцовым были удачно спроектированы

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

здания по ул. Горького, сформировавшие протяженный фронт выразительной застройки.

Сложную задачу пришлось решать архитектору В.Н. Городкову при проектировании здания областной библиотеки. После упорных поисков пришло решение придать фасаду на площадь крупные витражи, объединяющие окна второго и третьего этажей. За ними расположены читальные залы, требующие хорошего освещения. Таким образом удовлетворялась функциональная необходимость.



Рис. 1. Жилой дом со встроенным магазином (просп. Ленина – ул. Горького), арх. А.А. Саломахин



Рис. 2. Жилой дом (ул. Арсенальная), арх. А.А. Саломахин

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

Большой размер и прямоугольная форма витражей перекликается с большими окнами Дома связи. Расчлененность витражей вертикальными импостами вызывает зрительные ассоциации с ярусами книжных шкафов и полок, помогает раскрыть образ библиотеки. Одновременно, несмотря на классические пропорции и формы частей витража они своей расчлененностью «роднятся» с узкими окнами технических залов Дома связи. Общие черты и композиционные приемы не только смягчили разностильность архитектуры зданий разных эпох, но и показали возможность «соединить не соединимое» в ансамбле одной площади.



Рис. 3. Жилой дом (просп. Ленина), арх. А.А. Саломахин

В центральной части города (ул. Фокина) арх. В.Н. Городковым был создан микроансамбль из двух зданий (административного, № 31 и жилого, № 37) (рис. 4-7). Композиционное единение было достигнуто двумя башенками, расположенными по сторонам, обращенным к зданию кинотеатра «Октябрь» (арх. А.Д. Зелянин).

На главной административной площади восстанавливался гостеатр. Проект реконструкции театра разработан в Московском «Теапроекте» архитектором С.Ф. Скворцовым. Консультантом этой проектной организации в то время состоял виднейший советский знаток классической архитектуры академик архитектуры И.В. Жолтовский, влияние которого, несомненно, проявляется в архитектуре театра.

**Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

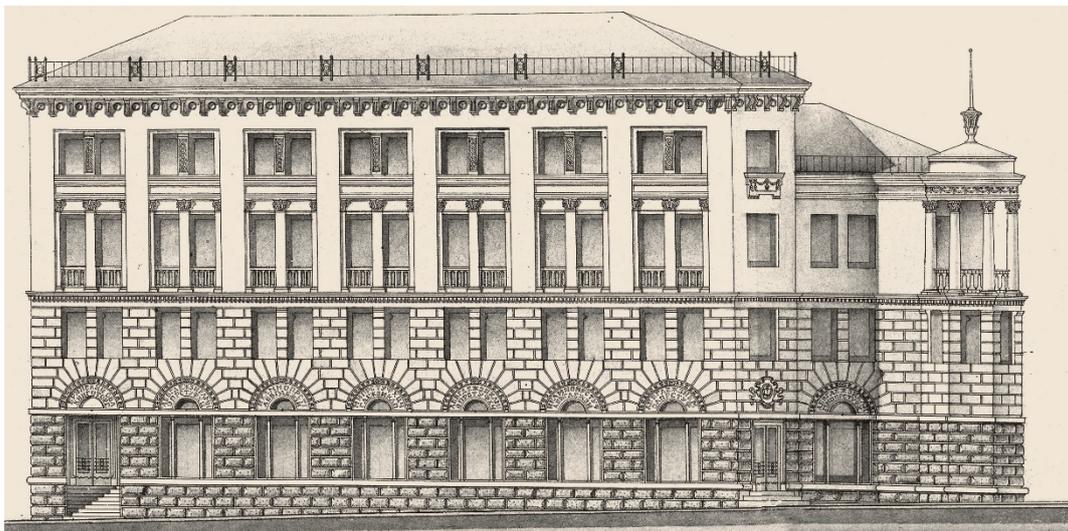


Рис. 4. Административное здание Дома книги (ул. Фокина), арх. В.Н. Городков

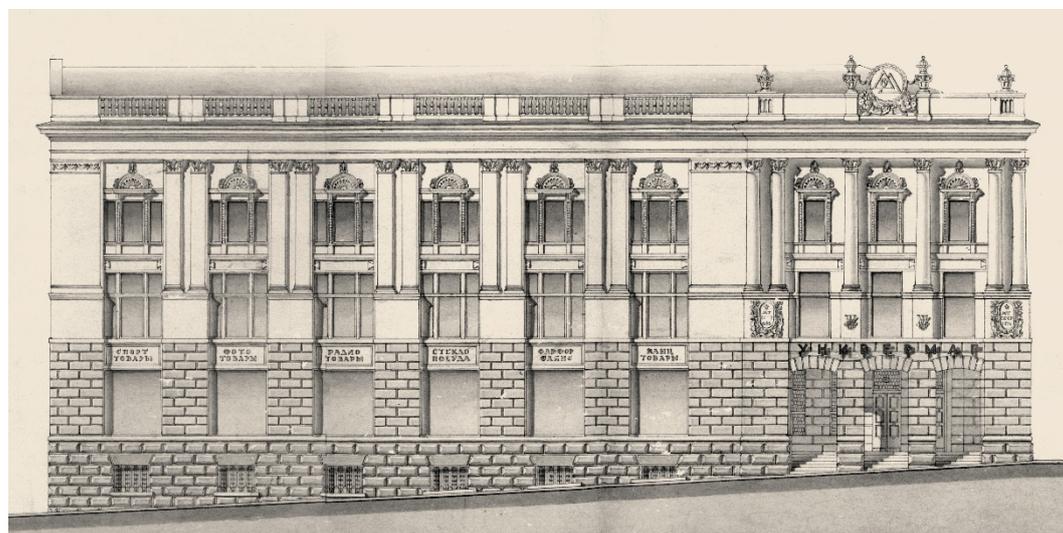


Рис. 5. Проектный вариант решения фасада в неоклассическом стиле ЦУМа, арх. В.Н. Городков

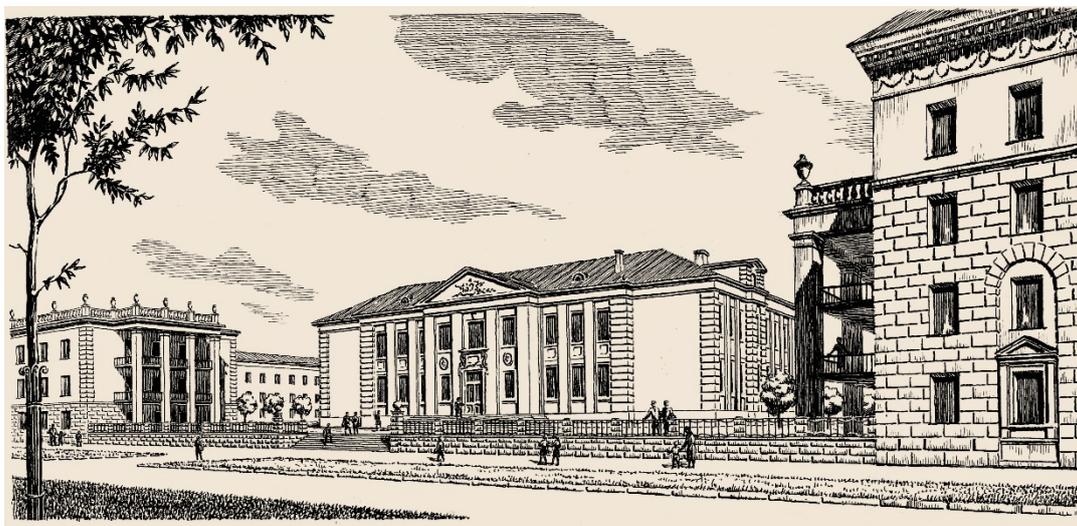


Рис. 6. Проектный вариант застройки участка ул. Луначарского, арх. В.Н. Городков

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

Архитектура театра следует принципам русского классицизма первой трети XIX века, когда зодчие в поисках источника вдохновения обращали взор на классическую Элладу. В частности, нередко применяли в своих композициях грекодорический ордер для портиков и колоннад. То же самое сделано и в здании Брянского театра.



Рис. 7. Застройка ул. К. Маркса, арх. В.Н. Городков, А.Э. Фридман

Вершина треугольного фронтона портика украшена скульптурной группой воина, партизана и партизанки – победителей, и одиночными скульптурами рабочего и колхозницы – героями тыла армии, – по краям. Поле стены фронтона заполнено рельефным изображением знамен и атрибутами – символами искусства. По фризу антаблемента, над колоннами помещены скульптурные изваяния театральных масок. Внутренняя отделка здания выполнена заново в стиле неоклассики.

Южный фланг нынешней театральной площади формирует административное здание МВД (арх. Г.И. Спиридонов), выводящее застройку улицы Фокина на театральную площадь. В этом ему помогает еще одно здание – здание Центрального универмага. «Подвязанный» своей высотой и протяженностью по проспекту Ленина к административному зданию универмаг, заменивший малоценную одно- двухэтажную застройку, оформил южную сторону театральной площади и участок проспекта Ленина от площади до

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

Нижнего Судка. Его внешняя архитектура отражает переход от неоклассики классики к наступившей позднее эпохе экономичной, но бездуховной и лапидарной архитектуры.

Тяжелые, длительные последствия для архитекторов СССР принесло достопамятное постановление Совмина СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» (1956 г.). Властное решение, призванное «... сыграть решающую роль в перестройке работы проектных организаций, снижении стоимости строительства...» привело не только к переходу к бездуховной эпохе типового строительства, но и к пересмотру уже готовых проектов, выполненных в предшествующие годы, но еще не осуществленного строительством. Под решение «постановления» попали уже готовые к строительству 40 зданий. Среди них и ряд лучших проектов архитектора Городкова. Так, в проекте жилого дома № 24 (ныне пл. Ленина) была устранена башенная надстройка угловой части, индивидуальные закладные бетонные архитектурные детали заменялись типовыми изделиями. В проекте Дома книги (ул. Фокина, 31) устранено значительное количество лепных украшений. Наибольшим изменениям подверглось здание Центрального универмага: «... сложное ограждение кровли в виде балюстрады и лепное обрамление рекламы заменены типовым ограждением. Исключены лепные украшения. Полностью изменены и внешние фасады здания – устранены ордерные трехчетвертные колонны, сложные профили карнизов, оформление части стен в виде руста и др. детали». На ряде других жилых и общественных зданий упразднены облицовки стен, оштукатуривание фасадных плоскостей, парапеты, балюстрады, а также заменены и удешевлены строительные материалы интерьеров. Все это привело к снижению эстетических достоинств застройки.

Следует отметить, что в стиле неоклассики были построены и ряд других зданий, в частности в Бежицком районе, которые значительно увеличили масштаб центра района и сформировали протяженные фронты застройки ул. Комсомольской и Куйбышева (арх. Ю. Дряшин, Н. Баратов). Ряд небольших жилых домов были построены в Володарском районе города (ул. Пушкина, Димитрова, арх. В.Л. Яснопольская). На центральных улицах Володарского и Фокинского районов были возведены 2-3-х этажные жилые дома, административные здания райкомов КПСС (арх. Н.В. Куспак). Ряд административных и жилых зданий украсили главный проспект города – им. Ленина (жилые дома № № 3, 5, 7, 8) учебное здание строительного техникума, дом промышленности и прокуратуры (б-р Гагарина), жилой дом и здание Облпотребсоюза по ул. Советской (арх. А.А. Саломахин, В.Н. Городков), вокзалы ст. Брянск-I и Орджоникидзеград (арх. В.Ф. Скаржинский, А.В. Кулагин). В ряду лучших построек неоклассического стиля – Дом профсоюзов (арх. А.И. Гуров, Н.В. Куспак), дома культуры железнодорожников (арх. Я. Корнфельд), Промкооперации (арх. А.Э. Фридман), кинотеатр «Октябрь» (арх. А.Д. Зелянин), а также ряд жилых домов по ул. Фокина, Горького, просп. Ленина

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

и др.

К сожалению, в последующие годы город упустил возможность сформировать эстетически выразительные архитектурные ансамбли в важных градостроительных узлах – на пл. Партизан и пл. Ленина. Проекты достойного завершения застройки площади Партизан были разработаны еще в начале 1950-х гг.! На флангах площади арх. А.Е. Певцовым и Б.П. Шавыриным (№ № 2, 3, просп. Ленина) проектировались два здания в стиле советской неоклассики, тем самым площадь могла бы получить завершенный и выразительный согласованный ансамбль. И уже в наше время, одновременная и разностилевая застройка площади получила завершение в виде высотного жилого «дома с часами», масштабно «задавившего» памятник советским воинам и партизанам. На площади Ленина дисгармоничным акцентом стало административное здание горисполкома, поражающее своим лапидарным архитектурным обликом последующего периода типовой застройки города.

Неоклассический строй архитектуры многих зданий сформировал неповторимое выразительное «лицо» исторического города. Следы этого недолгого строительного расцвета в центре города – сейчас самое большое наше достояние и культурно-историческое наследие, без которого нет и не будет градостроительного будущего Брянска.

#### Заключение

Архитектура неоклассицизма характеризовалась строгостью форм, умеренным использованием декоративных элементов, большим вниманием к пропорциям и масштабности, балансу и эстетической выразительности. Здания, построенные в Брянске, придали новый более укрупненный масштаб городу, повысили эстетические характеристики застройки, объединили в ансамбли главные градостроительные узлы и отдельные здания в историческом центре.

#### Список литературы

1. Городков А.В. Имена и судьбы брянских архитекторов начала XX века / А.В. Городков, Е.С. Ильченко // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 160-169.
2. Городков А.В. Утраченные архитектурные памятники г. Брянска / А.В. Городков, Е.С. Ильченко // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 170-175.

**«ДОМ ДИВНО УСТРОЕН, САД ТОЖЕ КРАСИВ» ЗЕЛЕНЬКИЙ МИР  
УСАДЬБЫ БРАСОВО**

Ерофеева Г.И.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», ГБУК «Брянский государственный краеведческий музей»,  
г. Брянск, Россия)

*В работе освещается история развития садово-паркового и оранжерейного хозяйства имения Брасово середины XIX – начала XX столетий.*

Садово-парковое искусство было неотъемлемой частью русской культуры дореволюционной России. Сады и парки окружали и загородные императорские дворцы, и скромные дворянские усадьбы. Особое место среди усадеб Брянского края занимает усадьба Апраксино (Брасово). Более 140 лет Брасовским имением владели потомственные дворяне Апраксины, много десятилетий служившие Отечеству и немало сделавшие для славы России. С 1882 по 1918 гг. Брасовское поместье принадлежало великим князьям Георгию и далее Михаилу Александровичам.

Неповторимый облик усадьбы, выделяющий её из множества других дворянских усадеб, определяет её архитектурный ансамбль, составляющий единую пространственную композицию. Ансамбль Брасовской усадьбы был сформирован в последней трети XVIII – начале XIX вв. [1]. Помимо главного дома в усадьбе находились служебные, хозяйственные постройки, храм. Здания, составляющие ансамбль усадьбы в селе Брасово периода Апраксиных, частично сохранились и входят в свод памятников архитектуры и монументального искусства России (Брянская область). Это «дома графа и графини»<sup>2</sup>, корпуса богаделен, храм Святого Василия Великого, каретник и др. Постройки выдержаны в стиле классицизма.

Важное место в планировочной структуре Брасовского ансамбля занимал парк. Согласно сохранившимся источникам, парк (сад) был регулярным [2]. В России данный стиль стал популярен с первой четверти XVIII века, уступив в конце XVIII века пейзажному (английскому), хотя в провинции он сохранялся значительно дольше.

В 1850-е гг. В.В. Апраксин перенёс усадьбу на новое место, недалеко от хутора Локоть, урочище «Булатовская мельница» («Урочище Булатово»). Усадьба получила название «Апраксино» [3]. Был возведён новый усадебный дом, заложен парк. Окончательный облик парка сложился при великом князе Михаиле Александровиче. Из воспоминаний Н.С. Мажолье (падчерицы великого князя Михаила Александровича, 1940 г.): «Я полюбила Брасово с самого начала. Здесь было все, чтобы взволновать ребёнка. Прекрасный сад с песочницей, площадка для игры в крокет, качелями и штукой под названием "гигантский шаг" <...>. Там было несколько фонтанов, которые было довольно

<sup>2</sup> Видимо это «народные названия», так как данный род Апраксиных не принадлежал к графской ветви.

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

легко включить, и, что самое приятное, огород, где было довольно легко собирать морковь, молодой горошек и огурцы, не говоря уже о всевозможных фруктах. Были также конюшни и домашняя ферма. В задней части дома был бассейн» [4].

Сохранившиеся фрагменты усадебного парка Брасовского имения позволяют судить о его породном составе, это липы, берёзы, клёны, каштаны, ивы, робиния ложноакациевая (белая акация) и т. д. Неповторимый облик парку придавали и лиственничные посадки<sup>3</sup>. Среди хвойных пород, растущих в Брасовском парке, обращает на себя внимание американская сосна Веймутова, редкий гость в провинциальных парках средней полосы России. Многие из этих деревьев ещё помнят владельцев усадьбы Брасово.

Авторитетный исследователь усадебной культуры А.В. Городков так описывает парк Брасовской усадьбы: «характерной особенностью Локотского парка является включение массивов естественного леса в композицию зелени парка. Природный пейзаж был взят в чёткие контуры прямолинейных аллей. Главная аллея – берёзовая. Есть липовые, еловые, лиственничные и дубовые. Пространство между аллеями занимают естественные и искусно сформированные рощи» [5]. По отзывам современников парк утопал в цветах, особенно поражало обилие роз (рис. 1). Об этом свидетельствуют и сохранившиеся фотографии, запечатлевшие центральную часть паркового ландшафта [6].



Рис. 1. Цветочный партер. Брасово.

Архив семьи P. Gray. Ед. хр. 1620011 (публикуется впервые)

Входная зона была выдержана в регулярном стиле. В цветочном оформлении парка также использовали растения экзоты, например, юкку (рис. 2). Она очень декоративна во время цветения и образует огромные соцветия (султаны), покрытые молочно-белыми колокольчиковидными крупными цветками. В 2021 году была проведена реконструкция партерной части усадебного парка (пгт. Локоть Брасовского района Брянской области).

<sup>3</sup> Посадки из лиственниц частично сохранились.

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

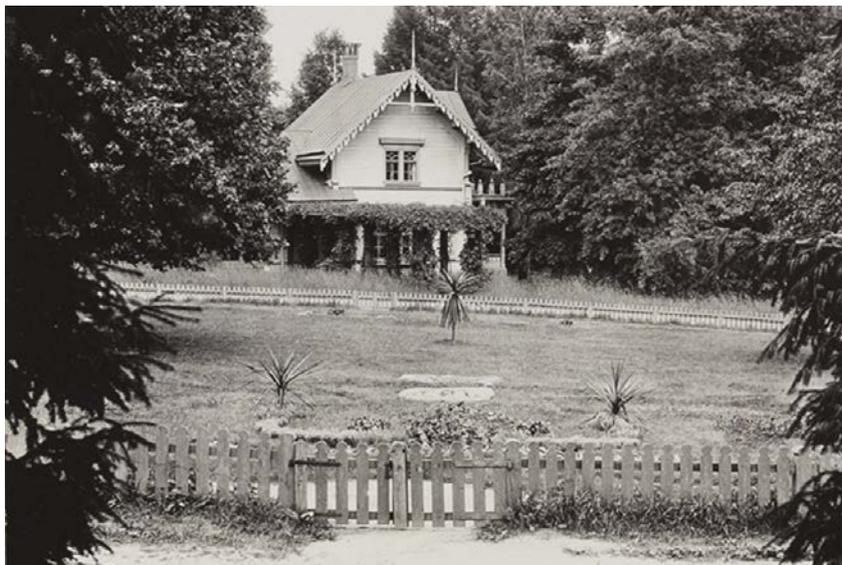


Рис. 2. Цветочная композиция из юкки. Брасово. 1911 г.  
School of Slavonic and East European Studies, UCL BRS/8

Особенного внимания заслуживает оранжерейное хозяйство Брасовского имения. Широкое строительство оранжерей в России началось со второй половины XVIII столетия. Оранжереи являлись символом достатка, престижа владельцев усадеб. Экзотические растения стоили очень дорого. Это было связано с тем, что часть из них не выдерживала длительного переезда, другая же, если и достигала берегов своей новой родины, то погибала из-за неправильного ухода.

Во многих усадьбах высшего дворянства были оранжереи: Кусково графов Шереметевых, Отрада графов Орловых-Давыдовых, Архангельское князей Юсуповых, Поречье графов Уваровых и т. д. Даже дворяне среднего достатка строили оранжереи в своих поместьях. Оранжереи были в усадьбе Мураново И.Ф. Тютчева, Шаблыкино Н.В. Киреевского, Кокино дворян Безобразовых и др. К проектированию и строительству оранжерей нередко привлекались известные архитекторы: Ф.Б. Растрелли, Д.И. Жилярди, Ч. Камерон, К.И. Росси, Н.А. Львов, А.Н. Воронихин, М.Д. Быковский и др.

«Опись Цветных растений при Брасовской теплице имеющихся» (1841 г.) свидетельствует о большом ассортименте растений. Это: красивоцветущие и декоративные растения (бегония, китайский розан (гибискус китайский), лантана, волкамерия (клеродендрум), сирийская роза (гибискус сирийский), примулы ушковые, пеларгонии разных сортов, жасмин, агпантус, розы центифольные штамбовые<sup>4</sup>, месячные<sup>5</sup>, ландыши, белые лилии, алое двух видов, финиковые пальмы), декоративные кустарники (олеандр, рускус (иглица), розмарин, акация душистая, гортензия), лианы (жимолость каприфоль)» и т. д.

<sup>4</sup> Предполагается, что центифольные розы (столепестковые) появились в результате естественного переопыления *Rosa moschata* и *Rosa gallica* и отбора естественных мутаций. До появления современных видов садовых роз были очень популярны.

<sup>5</sup> Это лучшие розы для горшечной культуры в комнатах, близкие к чайным. Вследствие почти непрерывного и обильного цветения их называли "месячными" розами. Вырастают до 50-60 см высоты. Цветки небольшие, махровые, преимущественно красного и розового цвета, хотя встречаются формы и с белыми цветками.

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

Также имелись достаточно редкие для того времени «кактусы разных сортов» [7].

В дальнейшем оранжерейное хозяйство было расширено. В отчётах по Брасовскому имению неоднократно упоминается цветущее состояние оранжерей. Например, в документе за 1903 г. читаем: «В оранжереях выводятся персики, абрикосы и виноград. <...> Овощи возделываются всех сортов и во всякое время года» [8]. Примечательно выращивание большого количества ананасов («300 фруктовых экземпляров<sup>6</sup> и 500 полупланок»), тропических растений, родиной которых является Бразилия. XVIII и XIX вв. отличались повышенным интересом аристократии к географическим и естественнонаучным открытиям. В обществе процветала мода на экзотические растения, что только подогревало интерес к выращиванию ананасов. Помимо собственного потребления часть плодов шла на продажу, например, «пуд брасовских ананасов продавали по 65 руб.» [8], для сравнения – пуд пшеницы стоил 1 руб. 40 коп., жалованье садовника составляло в среднем 18 руб. в месяц.

Нужно отметить, что великий князь Михаил Александрович и его близкие неоднократно посещали Брасовские оранжереи (рис. 3).



Рис. 3. Оранжереи. Н.С. Брасова. 1911 г.  
School of Slavonic and East European Studies, UCL BRS/8

При рассмотрении повседневной жизни дворянской усадьбы важное значение имеет не только внешний облик архитектурно-паркового ансамбля, но и убранство жилых комнат усадебного дома. Это мебель, предметы декора. Живые растения также были одним из неперенных атрибутов типичного интерьера загородного усадебного дома. Появившись в российских домах как

<sup>6</sup> Имеются ввиду растения вступившие в период плодоношения.

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

гости, со временем привозные растения начинают занимать в них всё больше места не только в специально приспособленных помещениях (оранжереях, зимних садах), но и в других интерьерах. Подобные «зелёные гостиные» были и в усадебном доме Брасовского имения. На брасовских фотографиях мы видим большое количество красивоцветущих и декоративных растений: гортензии крупнолистные, пальмы, фикусы, эухарисы, монстера и др. (рис. 4).



Рис. 4. Зелёная гостиная главного усадебного дома. Брасово. 1911 г.  
School of Slavonic and East European Studies, UCL BRS/7

Из отчёта за 1903 г.: «Цветоводство. Культивируются в широких размерах: латании (веерная пальма), цыкусы<sup>7</sup>, камелии, рододендроны, азалии и масса других тропических и комнатных, а также декоративных лиственных и хвойных, цветущих и нецветущих растений» [8].

Удобная мебель, располагающая к отдыху, милые сердцу «безделушки» и памятные вещи, обилие цветов подчёркивали прелесть усадебного бытования. Об этом неоднократно упоминал великий князь Михаил Александрович. Из его

<sup>7</sup> Саговник поникающий (цикас).

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

дневника от 4 сентября 1916 г.: «Дом дивно устроен, сад тоже красив. Я так счастлив быть дома и, наконец, снова в своей дорогой семье» [9].

Брасовская усадьба в 2019 г. была включена в проект «Императорский маршрут», предусматривающий проведение научно-исследовательских, реставрационных работ, а в дальнейшем создание музея. Одним из экспозиционно-выставочных объектов будущего музея в усадьбе Брасово может быть также Зимний сад или «Зелёная гостиная». Наличие подобного музейного пространства станет дополнительным туристическим объектом и существенно обогатит привлекательность музейного комплекса усадьбы Брасово. Необходимо отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция воссоздания или реконструкции оранжерей в музеях-усадьбах с целью экспонирования в них растений, исторически выращиваемых в данных усадьбах. В качестве примера можно привести следующие музеи: «Горки Ленинские», «Царицыно», Гомельский дворцово-парковый ансамбль, Воронцовский дворец-музей и др. Живые растения очень удачно включены в пространство интерьеров таких музеев, как государственный музей А.С. Пушкина (г. Москва, ул. Пречистенка), Музей политической истории России (г. Санкт-Петербург), музей братьев Ткачёвых (г. Брянск), создавая образ зимнего сада.

#### Список литературы

1. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Брянская область. 1998. М., Наука. С. 193-194.
2. Фото. План церкви и здания в селе Брасово, начало XIX в. // ГБУК «Брянский государственный краеведческий музей». БОМ 7445/26.
3. Планы Брасовского имения // Отдел рукописей Российской государственной библиотеки (ОР РГБ). Ф. 11. П. 183. Д. 1; П. 184. Д. 1; П. 185. Д. 1; П. 186. Д. 1; П. 187. Д. 1.
4. Majolier Nathalie. Step-daughter of imperial Russia. London: Stanley Paul, 1940. P. 31.
5. Городков А.В. Уходящие из мира и памяти (к проблемам изучения исчезающих усадеб Брянского края, в том числе в п. Локоть Брасовского района) // Великий Князь Михаил Александрович. Жизнь. Эпоха. Судьба: Сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции. Брянск, 2021. С. 127.
6. Цветочный партер. Брасово // Архив семьи Р. Gray. Ед. хр. 1620011.
7. Описание цветочных растений при Брасовской теплице имеющихся // ОР РГБ. Ф. 11. П. 4. Ед. хр. 2.
8. Краткий очерк Брасовского и Дерюгинского имений, принадлежащих Его Императорскому Высочеству Государю Наследнику и Великому Князю Михаилу Александровичу. Орёл: Типография Губернского Правления, 1903. С. 7-8.
9. Дневник и переписка Великого Князя Михаила Александровича 1915 – 1918 / отв. ред. и сост. В.М. Хрусталёв. М.: Прозаик, 2012. С. 289.

Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия  
**ПОСЛЕДНИЙ РОМАНТИК**  
(к 90-летию со дня рождения Почетного архитектора России Ю.И. Тарабрина)

Ильченко Е.С.<sup>1</sup>, Городков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(НП «Клуб любителей истории родного края», г. Рязань, Россия)

<sup>2</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Дана характеристика творческого пути Почетного архитектора РФ Ю.И. Тарабрина (1934-2015), отмечен его вклад в градостроительство г. Брянска, в разработку проектов наиболее значимых гражданских и общественных зданий, построенных в период 1962-2000-х гг. Приведены избранные фотографии построек архитектора.*

**Архитектура эпохи «развитого социализма».** Годы творчества архитектора Юрия Ивановича Тарабрина (рис. 1) выпали на так резко критикуемый сегодня период типовой архитектуры, пришедший на смену советскому монументальному классицизму (или сталинской архитектуре, являющейся смесью арт-деко, ампира и эклектики) конца 30-х–50-х годов XX века. С теми или иными изменениями архитектура эпохи «развитого социализма» продлилась до конца существования советского государства. Начало этому периоду положило постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 4 ноября 1955 года «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве».



Рис. 1. Ю.И. Тарабрин (1934-2015)

Начиная с 1960-х годов, новый этап широкомасштабного массового жилищного строительства, создание мощной индустриальной базы для его обеспечения вызвали переориентацию направленности архитектуры от освоения классического наследия к разработке типовых проектов, отсутствию тенденций

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

украшательства, принципиальному отказу от исторических реминисценций в облике сооружений.

В отличие от архитектуры Европы, где в эти годы четко были классифицированы архитектурные стили – модернизм, хай-тек, брутализм и др., в советской архитектуре, особенно в провинции, преобладали скорее официальные тенденции и установки – простота и рационализм, экономия и конструктивная безопасность. Кроме того, произошел переход от личного творчества, когда проекты имели своих авторов, к коллективному. Утверждаются должности главного инженера проекта (ГИП) и главного архитектора проекта (ГАП), призванные осуществлять управление процессом проектирования, причем ведущую роль играл ГИП, что значительно снизило творческую составляющую проектов. Но и в этот трудный для творчества период у архитекторов оставалась возможность добиваться более высокой эстетики путем выразительного размещения зданий, использования самых современных строительных материалов и конструкций, рельефа местности, разумного сохранения природного ландшафта и исторической застройки.

В 1960-1970-е годы формируется современное лицо Брянска. Получила практическое воплощение идея инженера, ученого, педагога Л.А. Боровича – на Верхнем и Нижнем Судках возводятся дамбы методом гидронамыва песка со дна реки Десны, заменившие ветхие деревянные мосты послевоенного времени. В эти годы в Брянске осуществляется проектирование и последующее строительство районов современной жилой и общественной застройки, осваиваются новые серии жилищного строительства.

Активно работают архитекторы Н.М. Бобошко, Ю.И. Тарабрин, К.И. Митина, В.А. Тепляков, Т.В. Крылова, Д.П. Пятыгин, Э.Э. Ояла, П.И. Угрюмов, А.А. Зеленов, Э.А. Алиев, В.П. Кочетков и другие. Значителен вклад зодчих в этот и последующий периоды градостроительной истории города в реставрацию памятников архитектуры, увековечение памяти павших в годы войны (В.Н. Городков, Ю.И. Тарабрин, В.Ф. Сидоров, скульпторы – Г.П. Пензев, А.И. Кобилинец, Г.П. Копий, Н.Н. Козлова, Г.Е. Коваленко) [1].

**Первые шаги.** Юрий Иванович Тарабрин родился 10 апреля 1934 года в г. Можайске Московской области. После окончания в 1958 г. Московского архитектурного института работал в проектно-институте «Киргизгипрострой» в столице Киргизской ССР – г. Фрунзе. В 1960 году Тарабрин приезжает в Брянск на должность архитектора областной проектной конторы «Брянскоблпроект». С этого времени его жизнь и творчество связаны с древним городом, который он любил, и сделал для его развития немало.

В 2015 году, разбирая обширный творческий архив архитектора, любезно предоставленный авторам этих строк его семьей, нам удалось проследить, как из молодого ещё неопытного архитектора рождался мастер современной архитектуры, человек с разносторонними интересами как в профессиональной деятельности, так и в литературе, искусстве, технике, экономике, философии, политике.

На первых порах приходилось проектировать и не канализованные жилые дома с печным отоплением, и привязкой типовых проектов заниматься. В его

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

творческом дневнике появляется горестная фраза: «Архитектор вынужден строить жилище, не отвечающее самым заниженным требованиям». В эти годы на Брянщине, жестоко пострадавшей в годы Великой Отечественной войны, где в деревнях крестьяне ещё живут в хатенках под соломенной кровлей, строительство новых капитальных, пусть «без удобств», жилых домов считали за благо. Но уже через пару лет Тарабрин приступает к серьезной творческой работе. Середина 1960-х годов ознаменовалась для Брянска бурным развитием строительства, в том числе, и формированием нового центра города. Начинается разработка проекта Дома политпросвещения на будущей площади Ленина. Руководит его разработкой известный брянский архитектор Рафаил Вениаминович Рейшер (1916-1991). Разработку же интерьеров поручают молодому архитектору Ю.И. Тарабрину (рис. 2, 3).



Рис. 2. Здание горисполкома (1971)



Рис. 3. Пристройка к зданию Брянского облисполкома (1975)

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

В этот же период с ростом объемов проектных работ растет и численность ведущей проектной организации, получившей в 1964 году статус проектного института «Брянскгражданпроект». Остро встаёт вопрос о новом здании для проектной организации. Архитектор Тарабрин, идеалом которого были работы выдающихся архитекторов Оскара Нимейера, Ле Корбюзье, представляет архитектурно-техническому совету института эскизный проект 7-ми этажного здания с атриумом и зимним садом на бровке оврага Нижний Судок. Но... к большому огорчению автора авторитетным советом проект был отклонен. Причина – неблагоприятные геологические условия приовражной территории, не позволяющие на данном участке возводить многоэтажные здания без дорогостоящих мероприятий по укреплению грунтов.

В последствии партийные и советские органы города передали эту площадку под строительство Дворца пионеров и школьников. Проект Дворца был создан московскими проектировщиками ЦНИИЭП учебных заведений (главный архитектор проекта – И. Сакальцев) без учета особенностей геологии площадки и должных мероприятий по укреплению склона оврага, кроме того, при строительстве был использован насыпной грунт под фундамент здания. Открытие Дворца состоялось 1 декабря 1981 года. Но после 16 лет эксплуатации дворец был закрыт, в виду аварийности – началось разрушение стен, деформация фундаментов и появилась угроза его устойчивости.

Простояв бесхозным 10 лет, дворец получил второе рождение. С появлением новых технологий в фундаментостроении удалось восстановить это здание в 2007 году по проекту ОАО «Брянскгражданпроект» (ГИП Л.А. Сулимова, ГАП О.А. Грозева). Здание не только было восстановлено, но и реконструировано на основе современных тенденций в творческом воспитании молодёжи.

Для проектного института был повторно использован проект административного здания горисполкома (сегодня – городская администрация), разработанный Ю.И. Тарабриным в соавторстве с Р.В. Рейшером, со значительными доработками. Так на проспекте Ленина появилось величественное серое здание, напоминающее многопалубный корабль. Автором проекта Тарабриным (главный инженер проекта Н.И. Лагуткина) было предложено интересное решение главного фасада с алюминиевыми солнцезащитными ламелями. Здание Брянскгражданпроекта со встроенно-пристроенным кафе было сдано в эксплуатацию 1979 году (рис. 4) и завершило формирование новой площади – Октябрьской революции, в ансамбле со зданиями цирка и дома быта.

Но, вернемся в начало 1960-х. Талантливого архитектора привлекают к разработке эскизов большого количества проектов архитектурного оформления города, интерьеров ресторанов, залов краеведческого музея. Он разрабатывает эскизы оформления торцов крупнопанельных жилых домов, входов в городской парк и парк «Соловьи», областной доски почета, эскизы вечернего декоративного оформления домов в центре Брянска, барельефа у въезда в город и массу других дизайнерских работ. Увлеченный книжной графикой, Тарабрин участвует в оформлении книг, разрабатывает эскизы пригласительных билетов и

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

афиш клубов молодежи; принимает участие в конкурсе на значок Брянска.



Рис. 4. Административное здание ПИ Брянскгражданпроект (1979)

В конце 1960-х годов, когда в Брянске началось массовое строительство кинотеатров, Ю.И. Тарабрин тщательно изучает теорию и опыт проектирования современных кинотеатров – от планировочных решений до акустики, интерьеров и мебели. Об этом можно судить, заглянув в его творческую «лабораторию» – дневник 1967 г. Он стал одним из авторов первоначального проекта кооперированного здание кинотеатра на ул. Калинина. Проект, много лет пролежавший на полке, в преддверии 1000-летия Брянска был переработан (авторы проекта – архитекторы Р.В. Рейшер, Э.А. Алиев.). Здание, сданное в эксплуатацию в 1984 г., получило название киноконцертного зала «Дружба».

**Главный архитектор Брянскгражданпроекта.** В 1970 году Ю.И. Тарабрин назначается на должность главного архитектора института «Брянскгражданпроект». К этому времени он уже опытный, состоявшийся архитектор. Молодые специалисты – архитекторы, приезжавшие в Брянскграждапроект из разных уголков Советского Союза, всегда получали

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

поддержку главного архитектора института. Так по приглашению главного архитектора института из Воронежа приехала О.А. Грозева, сегодня – Почетный архитектор России, автор многих значительных зданий в Брянске и области. «На первых порах вообще было мало творческой работы у молодежи, – вспоминает Ольга Александровна, – но лет через 5-6 задания все же появились. Это были, в основном, цветовые решения типовых проектов жилых и общественных зданий. Мы, прежде чем идти на согласование в городскую или областную архитектуру, согласовывали их с Ю.И. Тарабриным. На счету архитектора Тарабрина немало разработок по модернизации жилищного фонда города. Отлично зная типологию жилища и эргономику, изучению которых он уделял немало времени, в 1970-е годы архитектор выступает с инициативой уплотнения застройки центральных улиц, причем, не только без ухудшения условий проживания, а наоборот – увеличения квадратных метров жилья за счет устройства вставок между домами, надстроек и мансард. Кроме того, совместно с главным конструктором института Л.Г. Ильичевой он готовит пилотный проект модернизации массовых серий жилых домов старой постройки. К сожалению, проект не был осуществлен.

В 1970-1980 гг. архитектором разработаны и осуществлены строительством: административные здания проектной организации «Брянскагропромтехпроект» по ул. Горького в Брянске (сегодня – здание арбитражного суда) (рис. 5) и городской администрации в г. Сельцо; реконструкция площади Октябрьской революции, проекты застройки квартала № 6 в Бежице, микрорайона «Петровская гора» и квартала № 35-36 с площадью Партизан в Советском районе; генплан больницы в Шибенце, проекты детальной планировки и застройки микрорайонов в Клинцах, Трубчевске, Почепе и др. районных центрах области. Архитектурные произведения Ю.И. Тарабрина отличаются ясной и строгой композицией, хорошо гармонирующей с окружающей застройкой. Эти работы мастера значительно обогатили архитектурный облик Брянска, органически вошли в его историческую среду.

В эти же годы в Брянске и области строилось немало индивидуальных общественных зданий по проектам молодых архитекторов, приехавших в Брянскгражданпроект в конце 1970-х годов. Не «заслоняя» своим авторитетом, Ю.И. Тарабрин дал проявиться таланту архитекторов А.А. Зеленова (проекты зданий детской областной многопрофильной больницы и областной больницы № 2 – кардиодиспансера удостоены дипломов I и II Всесоюзного и Всероссийского смотров-конкурсов на лучшее произведение архитектуры в 1980-е) и Э.А. Алиева (проект школы на 320 мест в составе ансамбля центральной площади в с. Овстуг удостоен Серебряной медали ВДНХ).

На протяжении почти 60-летней творческой деятельности Тарабрин был всегда активным архитектором с феноменальной работоспособностью. Участвовал, практически, во всех архитектурных конкурсах.

В 1990-е годы член Союза архитекторов России, главный архитектор проектного института «Брянскгражданпроект» Юрий Иванович Тарабрин был удостоен звания «Почетный архитектор России». Он неизменный член областного градостроительного совета. Тарабрин активно сотрудничал с областными средствами массовой информации с самых первых лет жизни в

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

Брянске, выступал с публичными лекциями по градостроительству. Его статьи, написанные ярким, выразительным языком были посвящены не только проблемам перспективной застройки города, но и предназначению архитектора в создании благоприятной среды проживания его жителей.



Рис. 5. Административное здание ПИ Агромпроект (1985)

**Увековечение подвигов советского народа.** Значительное творческое наследие Ю.И. Тарабрина связано с проектированием памятников, увековечивающих подвиги советского народа в годы Великой Отечественной войны. Одна из первых его работ в Брянске – эскизы конкурсного проекта памятника героям-рабочим Брянского машиностроительного завода, сражавшимся с гитлеровскими захватчиками в составе экипажа бронепоезда № 2 «За Родину» (1965 г.). Но тогда в конкурсе победил архитектор Бежицкого района В.В. Требуховский. По его проекту и был возведен памятник.

В последующие годы Тарабриным созданы: памятник Летчикам в Советском районе Брянска (ГИП – В.С. Золотухин) (рис. 6); памятник в сквере «Лесные Сарай» по улице Дуки на месте братской могилы 1215 мирных жителей,

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

военнопленных и партизан, расстрелянных немецко-фашистскими захватчиками; памятник Героям Сещенского интернационального подполья (рис. 7); надгробие погибшим болгарским патриотами, памятник на братской могиле в Бочарах Брянской области др.



Рис. 6. Памятник летчикам в Брянске (1975)

**Последний романтик.** Рассказ о Ю.И. Тарабрине не был бы полным, если не упомянуть о его увлечениях. Он был прекрасным рисовальщиком. Все его рабочие тетради-дневники испещрены графическими рисунками: это и архитектурная и книжная графика, и академический рисунок, и шаржи, и иллюстрации к литературным произведениям, портреты писателей и поэтов. Здесь же миниатюрные акварели. И все это рядом с деловыми записями, цитатами, планами и пр. Казалось, что он никогда не расстается с авторучкой (рисовал черными чернилами). Излюбленная тема – лошади. Так и хочется сказать – последний романтик! Друзья и коллеги помнят его прекрасные акварели. В семье сохранились его натюрморты и пейзажи. А ещё любовь к путешествиям. Крым, Кавказ, Памир, круиз по Италии (его мечта), Польша, Германия, горная Австрия

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

с великолепными пейзажами (ему особенно это было близко, рисовал, вел дневники).

27 ноября 2015 года Юрий Иванович Тарабрин ушел из жизни.



Рис. 7. Памятник героям Сещинского подполья (1967)

В памяти коллег, родных и близких Юрий Иванович остался позитивным, удивительно скромным, неприхотливым и доброжелательным человеком, отзывчивым на чужую беду.

Вспоминается одна цитата из дневников Тарабрина: «Искусство тем особенно и хорошо, что в нем нельзя лгать» – А.П. Чехов. Замечательный архитектор и человек Юрий Иванович Тарабрин был всегда честен как в профессии, так и в жизни.

#### Заключение

Проекты общественных и гражданских зданий, выполненные архитектором Ю.И. Тарабриным, способствовали формированию центра г. Брянска в период 1960-80-х гг., повышению эстетических качеств застройки города в период типового проектирования и строительства. Значительна роль архитектора в увековечивании памятников павшим в годы Великой Отечественной войны, благоустройстве многих территорий города и районных центров Брянской области.

#### Список литературы

1. Городков А.В. Имена и судьбы брянских архитекторов начала XX века / А.В. Городков, Е.С. Ильченко // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск. 2023. С. 160-169.

## АНАЛИЗ СИСТЕМ И СЕРВИСОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Мельниченко М.С., Городков А.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе проведен обзор существующих геоинформационных систем и сервисов, которые содержат информацию о дорожной сети и могут быть применимы для мониторинга состояния дорожно-транспортных систем. Дорожно-транспортные системы имеют важное социально-экономическое значение как на федеральном, так и на региональном уровнях. Эффективное проектирование и реорганизация улично-дорожной сети основываются на актуальных, достоверных данных, получаемых с помощью мониторинга сети и ее характеристик. Рассматриваемые системы классифицированы с точки зрения источников данных, а также характера решаемых задач. Выделены следующие классы – веб-картография, источники данных дистанционного зондирования, тематические геоинформационные сервисы. Проанализированы функциональные возможности рассматриваемых систем и сервисов.*

Дорожно-транспортные системы имеют важное значение для стабильного функционирования экономики страны. Недостаточная эффективность дорожной сети, может стать причиной возникновения проблем, связанных с низкой пропускной способностью и повышенной аварийностью. Для исключения возможности возникновения проблем в дорожно-транспортных системах требуется развитие и регулярное обновлений (в случае увеличения нагрузки) всех ее элементов, что является одним из этапов развития улично-дорожной сети (УДС) [1].

Однако, до начала этапа проектирования изменений в УДС необходимо определить проблемный участок дорожной сети. Затем требуется провести анализ всех проблемных участков, чтобы создать приоритет развития для принятия эффективных решений в области развития транспортной инфраструктуры. И уже тогда наступает процесс проектирования. Таким образом весь жизненный цикл развития УДС можно описать следующей схемой (рис. 1) [2].

В то же самое время, увеличение размеров дорожных сетей приводит к усложнению задач мониторинга за параметрами, характеризующими состояние дорожного движения. Так, общая протяженность автомобильных дорог общего пользования в Российской Федерации на конец 2021 года составила 1 566 145 км, что более чем в 2 раза больше, чем в 2006 году (701 109 км на конец 2006 г.) [3].

Для эффективного осуществления жизненного цикла развития УДС и мониторинга существующих транспортных сетей требуется наличие инструмента, способного эффективно выполнять анализ УДС. Одними из таких инструментов являются геоинформационные системы (ГИС) [4].

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

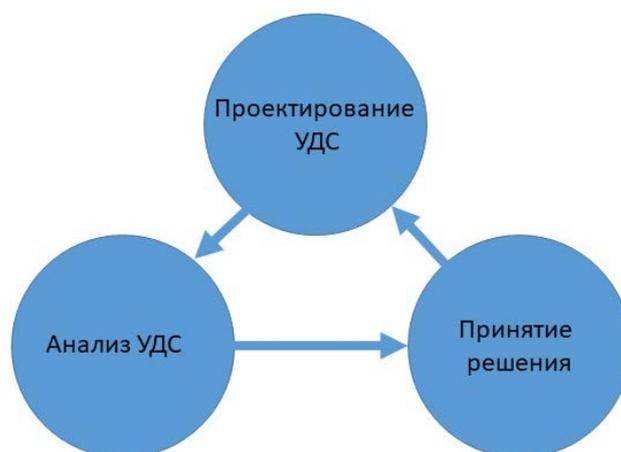


Рис. 1. Жизненный цикл развития УДС

ГИС представляют собой системы управления базами данных. Важным отличием, является то, что в ГИС вместе с атрибутивными данными использует и геоданные, которые представляют собой пространственную информацию об объекте на местности. Иными словами, информация из базы данных привязана к картографической основе либо на данные дистанционного зондирования (ДДЗ).

Существует множество сервисов, предоставляющих информацию о дорожной сети, начиная отображением ее на местности заканчивая аварийностью и пропускной способностью. Рассмотрим следующие их разновидности:

1. Веб-картография. Включает в себя сервисы, предоставляющие карты в сети интернет [5]. При анализе дорожной сети данные сервисы используются для отображения автодорог на местности, что позволяет определить их местоположение, протяженность и основные эксплуатационно-технические характеристики: тип покрытия, количество полос движения, направления движения по полосам. Многие сервисы дополнительно содержат информацию о дорожной ситуации (наличие/отсутствие транспортных заторов) и натурные снимки (режим панорамы). К Веб-картографическим сервисам можно отнести:

- «Google maps» – картографический сервис компании «Google» предлагающий пользователям карту улиц, данные дистанционного зондирования, интерактивные панорамные виды улиц, планировщик маршрутов, условия движения;

- «Yandex maps» – сервис компании «Яндекс», который помимо картографической информации включает в себя сервисы предоставления информации о движении транспорта. В частности, на карте отображается движение общественного транспорта в реальном времени. Помимо панорамных снимков улиц представлены записи, в разделе «Зеркало», сделанные с меньшим углом обзора камеры, но с куда большим покрытием территории;

- «OpenStreetMap (OSM)» – картографический сервис с открытой географической базой данных. Работа сервиса поддерживается сообществом сервиса. Благодаря свободному использованию, OSM часто используется для создания электронных тематических карт. Сервис содержит большое количество пространственных данных, среди которых стоит отметить наличие

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

общедоступных GPS-треков, применяемых для мониторинга скоростей движения транспортных потоков;

- «2GIS» – картографический сервис, выпускаемый компанией-разработчиков «2ГИС», в том числе, включающий данные о плотности дорожно-транспортных происшествий (ДТП) посредством интеграции с сервисом «Карта ДТП»;

- «Bing maps» – картографический сервис компании Microsoft. Отличительной особенностью Bing maps является повышенное внимание в построении 3D-проекции местности, а также наличие режима отображения карты «С высоты птичьего полета», который отображает аэрофотоснимки, снятые низколетящими летательными аппаратами, что по итогу дает высокую детализацию в месте съемок.

2. Источники ДДЗ. Данная группа включает в себя сервисы, предоставляющие доступ к аэрофотоснимкам и спутниковым снимкам местности. В отличие от Веб-картографии, описанные ниже сервисы предлагают более широкие возможности при работе с данными дистанционного зондирования. Стоит выделить следующие сервисы:

- SAS. Планета – навигационная система, которая включает в себя возможность загрузки и просмотра карт из других картографических сервисов, а также предоставляющий функционал для выгрузки спутниковых снимков земной поверхности;

- Google Earth – картографический сервис, представляющий из себя трехмерную модель планеты Земля с отображением на ней обновляемых спутниковых снимков (для некоторых территорий снимки представлены в трехмерной проекции). Система сочетает в себе функции веб-картографии, а также позволяет создавать и загружать свои объекты на картографическую основу. Отличительной особенностью проекта является архив спутниковых снимков;

- OpenAerialMap – сервис для поиска, обмена и использования изображений со спутников, и беспилотных летательных аппаратов с открытой лицензией. Отличительной особенностью сервиса является возможность загрузки цифровые ортофотопланов местности.

3. Тематические геоинформационные сервисы. К этой категории относятся сервисы, основанные на отображении специализированной информации с помощью картографической основы [5]. В контексте анализа дорожной сети можно выделить:

- Марсам.info – геоинформационная система, которая включает в себя открытую базу данных о существующих ограничениях на дорогах: ограничения скорости движения, ремонтные работы, перекрестки со слепыми зонами, железнодорожные переезды и т.д.;

- Карта автодорог – информационно-картографический ресурс, на котором отражена актуальная информация о дорогах федерального значения, а также информация о имеющих место быть дорожных работах с описанием протяженности, целей и планируемых сроках работы;

- Система Контроля Дорожных Фондов – информационная система,

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

которая содержит базу автомобильных дорог, сводит данные о характеристиках дорожной сети: ДТП; пропускная способность; нормативное состояние; участки с повышенной нагрузкой;

- «Картограмма», содержащая информацию о состоянии показателей аварийности на карте на уровне субъектов и муниципальных образований субъектов Российской Федерации в виде тепловых карт (цветовая индикация). Индикация картограммы содержит три цвета: красный – рост числа погибших относительно аналогичного периода прошлого года; желтый – число погибших относительно аналогичного периода прошлого года не изменилось; зеленый – снижение числа погибших относительно аналогичного периода прошлого года;

- «Аварийность на федеральных автомобильных дорогах», обеспечивающий представление информации об аварийной обстановке на автомобильных дорогах федерального значения;

- «Электронная карта», состоящая из 3 разделов: ДТП, Места концентрации, Административные правонарушения;

- «Карта ДТП» – платформа сбора данных о ДТП в России. «Карта ДТП» отображает информацию о местах ДТП с помощью тепловой схемы карты и точечных объектов. Сервис содержит статистические данные о количестве ДТП, а также позволяет изучить о каждом отдельно взятом ДТП на основании результатов заключения ГИБДД;

- «Публичная кадастровая карта» – официальный электронный ресурс службы Росреестра, который включает в себя сведения единого государственного реестра обо всех учтённых объектах недвижимости. Сервис содержит информацию в том числе и об объектах капитального строительства, состоящих на учете, к которым относятся автомобильные дороги.

#### Список литературы

1. Ветрогон А.А. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками / А.А. Ветрогон // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. Т. 59. № 3. С. 82-91.

2. Васильев А.П. Справочная энциклопедия дорожника / А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин. Москва: Информавтодор, 2004. – 1519 с.

3. Протяженность и характеристики автомобильных дорог общего пользования по субъектам Российской Федерации (2006 – 2021 гг.) / [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/prot-avtdorobsch.xls>.

4. Бударова В.А. Применение геоинформационных технологий для формирования и мониторинга единого информационного пространства городской среды / В.А. Бударова, В.А. Шамсудинов // Московский экономический журнал. 2022. № 5. С. 592-608

5. Кикин П.М. Разработка методики создания тематических карт средствами веб-технологий: специальность 25.00.33 «Картография»: автореф. дис... канд. техн. наук / П.М. Кикин. Новосибирск, 2014. 24 с.

## ПРОБЛЕМА СООТВЕТСТВИЯ ЖИЛОЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

Мельниченко М.С., Городков А.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются ключевые проблемы населения в выборе жилья. Описывается суть проблемы и приводятся примеры из исследовательских работ учёных. Анализируется методика определения престижности многоэтажной жилой застройки, на основе которой разрабатывается методика оценки соответствия жилой многоэтажной застройки современным требованиям. Разработана критериальная шкала оценки многоэтажной жилой застройки города, определяющая степень комфортабельности приобретаемого жилья. Указаны варианты применения данной методики.*

В современном мире люди всё чаще сталкиваются с проблемой выбора комфортного и удобного, в инфраструктурном плане, жилья, при этом важной частью является подбор основных критериев, которые смогли бы помочь сравнить между собой жилые комплексы. Основная суть проблемы заключается в том, что на сегодняшний день отсутствует чётко сформулированный метод, с помощью которого можно было бы оценить соответствие жилых комплексов современным требованиям и предпочтениям населения.

Многими учёными было предложено решить данную проблему, путём создания критериев, которые помогают оценить престижность городских территорий, в состав которых входят многоэтажные жилые комплексы. К примеру, Б.А. Портнов посвятил одну из своих работ тематике престижности городских территорий, в состав которых входят жилые многоэтажные здания. Данное исследование было основано на проведённом анкетировании жителей по теме «Какой он, город?». Результаты данного анкетирования позволили распределить городскую территорию на группы, после чего была дана оценка уровня престижности городских территорий [1]. Ещё одним примером подобного направления исследования являются диссертационные исследования Ю.И. Шабасовой. В одной из работ предложен метод комплексной оценки городских территорий на престижность, который основан на анализе стратификационной структуры населения, а также эколого-пространственной организации городской среды [2].

Данные примеры показывают, что для решения проблемы соответствия жилых комплексов современным требованиям создан большой потенциал в смежных направлениях, однако, методика, которая могла бы дать чёткую оценку данного соответствия, ещё не разработана. В современной городской среде жилые комплексы, состоящие из многоэтажных зданий, играют решающую роль в формировании образа города. Жилые комплексы, проектируются с учётом придомовой территории, которая, в свою очередь, должна являться комфортной

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

средой для жизнедеятельности населения, однако, определить какой из объектов соответствует современным требованиям и, в то же время, является комфортным для жизни людей, с первого раза не всегда получается.

В рамках данного исследования предлагается создать новую методику оценки жилых комплексов на основе разработанной балльной шкале. Для решения проблемы по новой методике необходимо выбрать несколько критериев, взятых из методики оценки престижности зданий, которые наиболее чётко способны охарактеризовать комфортабельность жилых комплексов.

Согласно сформулированному теоретическому подходу (табл. 1), присвоенные баллы отражают группу комфортабельности жилых комплексов, представленную в табл. 2.

Таблица 1 – Теоретический подход к оценке соответствия жилых комплексов современным требованиям

Критерии оценки	Баллы
Расстояние до центра города	1-10
Наличие социальной инфраструктуры в пешеходной близости	1-10
Доступность к общественному транспорту	1-10
Степень организации парковочных мест внутри двора	1-10
Архитектурный облик зданий	1-10
Качество организации озеленения территории	1-10
Наличие зон отдыха	1-10
Безопасность дворовых территорий	1-10
Наличие разнообразных площадок во дворе	1-10
Грамотность планировки тротуарных дорожек	1-10

Таблица 2 – Степень комфортабельности жилых комплексов

Группа	Балльный диапазон	Уровень соответствия
1	76-100	Высокий
2	51-75	Средний
3	26-50	Низкий
4	1-25	Неудовлетворительный

#### Заключение

Разработанный метод решения проблемы применим при анализе соответствия многоэтажной жилой застройки современным требованиям и тенденциям общества. Данная оценка направлена на упрощение выбора комфортабельного жилья при приобретении недвижимости людьми и может быть использована ко всем жилым комплексам города.

#### Список литературы

1. Портнов Б.А. Городская среда: феномен престижности / Б.А. Портнов // Социологические исследования. 1991. № 1. С. 69-74.
2. Шабаева Ю.И. Кадастровая оценка земель индивидуальной жилой застройки с учетом дифференциации городской территории по престижности / Ю.И. Шабаева: дис. на соискание уч. степ. к.т.н. Санкт Петербург: 2015. 159 с.

## АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ

Пугосей А.П., Мельникова И.И.

(ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет  
им. В.Н. Полецкова», г. Кемерово, Россия)

*Программное обеспечение для ландшафтного дизайна может стать идеальным решением для любого проекта на открытом пространстве как для начинающих садоводов, которым нужна помощь в визуализации или выборе растений, так и для профессиональных ландшафтных дизайнеров. В работе представлен обзор наиболее часто используемых программ для ландшафтного дизайна, описаны основные функции, а также сильные стороны и недостатки программы с точки зрения обучающегося по направлению «Ландшафтная архитектура».*

Программное обеспечение в сфере ландшафтного дизайна – это мощный инструмент, который архитекторы, дизайнеры и подрядчики используют для создания эстетически привлекательных и функциональных зеленых пространств. Программы позволяют визуализировать и экспериментировать с различными планировками садового пространства, элементами дизайна, растениями и материалами, прежде чем приступить к работе над проектом. Возможность создания 2D- и 3D-рендеринга дает реалистичное представление о том, как будет выглядеть готовое пространство с садовой мебелью и другими садовыми аксессуарами. Также можно протестировать влияние различных условий освещения и времени года, что позволит принять обоснованное решение о том, какие конструкции и функции включить в проект.

В конечном счете, этот инструмент ландшафтного дизайна упрощает процесс проектирования, экономит время и ресурсы и создает красивые, функциональные открытые пространства.

Среди множества вариантов программного обеспечения выбор лучшего может оказаться непростой задачей. Наиболее важными аспектами при выборе подходящей программы являются стоимость, совместимость устройств, особенности 2D- и 3D-проектирования.

Выбирая рабочий инструмент проектирования для ландшафтного дизайна, может возникнуть вопрос выбора платной или бесплатной версии. Хотя оба варианта имеют свои преимущества, важно отметить, что платные программы обычно предлагают больше возможностей, чем бесплатные версии программного обеспечения. Платное программное обеспечение обычно предоставляет 3D-рендеринг, который полезен при проектировании открытого пространства, поскольку обеспечивает реалистичную визуализацию ландшафта. Кроме того, платные программы обычно более стабильны и предлагают лучшую поддержку клиентов, чем бесплатные версии [1-3].

Стоимость – еще один важный фактор, который следует учитывать при выборе программного обеспечения для ландшафтного дизайна. Хотя платные

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

программы обычно предлагают больше возможностей, чем бесплатные версии, стоимость программы может значительно различаться. Прежде чем принять решение, необходимо сравнить различные варианты и оценить их характеристики и цены. Лучшее соотношение цены и качества, гарантируя при этом, что выбранная программа отвечает всем потребностям в ландшафтном дизайне это достаточно важный вопрос.

При выборе программы для ландшафтного проектирования крайне важно учитывать совместимость устройств. Хотя большая часть программного обеспечения в нашей стране совместима только с операционной системой Windows, существуют программы для операционной системы Mac, а также для мобильных устройств различного типа. Кроме того, очень важно, чтобы устройство соответствовало минимальным требованиям выбранной программы, поскольку это помогает гарантировать оптимальную производительность.

Программы, предлагающие функции 2D- и 3D-проектирования, предоставляют простой способ визуализировать готовый вариант объекта, прежде чем принимать решения по реализации. Программное обеспечение дает возможность использовать все имеющиеся функции для создания подробных планов и чертежей, ведомостей и смет. Для анализа основных функций, а также сильных сторон и недостатков программ были выбраны следующие программы: «Наш сад. Кристалл» от компании DiComp; «SketchUp» разработчиком которой является Trimble Navigation; «3Ds Max», разработанный компанией Autodesk; «ArchiCAD», созданный венгерской фирмой Graphisoft и разработанная голландской компанией Act-3D программа «Lumion» (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ программ для работы над рабочей документацией при проектировании объектов ландшафтной архитектуры

Название	Наш Сад Кристалл	SketchUp	3Ds Max	ArchiCAD	Lumion
Страна производитель	Россия	США	США	Венгрия	Голландия
Язык интерфейса	Русский	Английский, французский, немецкий, итальянский, испанский, японский, корейский, русский и другие	Английский	Английский, французский, немецкий, итальянский, испанский, русский, японский и греческий	Английский (язык по умолчанию), китайский, чешский, датский, голландский, французский, русский и другие
Платформа	Windows	Windows	Windows	Windows и macOS	Windows
Поддерживаемые форматы экспорта файлов	.avi; .jpg; .xls; .xlsx.	.dae; .kml; .3ds[d]; .stl; .dwg; .dxf; .fbx; .vrmf; .pdf; .bmp; .jpeg[d]; .jpg; .tiff; .png; .3ds; .dwg; .ddf; .jpg; .png; .bmp; .psd; .mxs; .atf; .dae; .b3d; .obj.	.dwf; .fbx; .dwfx; .sat; .wmf; .stl; .eps; .dxx; .bmp; .dwg; .iges; .fbx; .3ds; .ai; .abc; .stl; .ase; .dae; .dwf; .dwg; .dxf; .flt; .htr; .igs; .obj; .sat; .pxproj.	.pln; .pla; .tpl; .mod; .2dl; .bimx; .bimpr;.lcf; .twtravel; .bemb;.gsm; .bcsb;.gdl; .pmk; .dwg; .dxf; .dgn; .ifc; .bcf; .ifcxml; .c4d;.ifczip; .saf; .xlsx; .nwc; .smc; .3dm; .3ds;	.dae; .skp; .fbx; .dwg; .dxf; .max; .3ds; .obj; .tga; .dds; .psd; .jpg; .bmp; .png.

**Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

				.atl; .kml; .kmz; .skp; .dae; .epx; .fact; .obj; .stl; .u3d; .fbx; .wrl; .pdf; .dwf; .bmp; .jpeg; .gif; .tiff; .tif; .png; .mp4; .mov; .doc; .xls; .xlsx; .txt; .plt.	
Слойность	нет	да	да	да	да
Описание продукта	Программа состоит из энциклопедии на более чем 17000 растений, 3D-планировщика с различными редакторами и библиотеками объектов и материалов и фоторедактора для работы с цифровыми фотографиями	Программа позволяет пользователям создавать 3D-модели объектов любой сложности, от простых мебельных элементов до целых зданий. Программа также позволяет просматривать и редактировать модели, добавлять текстуры и материалы, а также выполнять множество других функций для создания реалистичных 3D-моделей	Профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании объектов	Комплексная программа для проектирования и моделирования зданий, разработанная специально для архитекторов, позволяющий создавать и визуализировать архитектурные проекты в трехмерном формате	Профессиональная версия программы с полной библиотекой и функционалом идеальна для всех профессиональных архитектурных бюро и студий 3D-визуализации
Постоянная плавающая лицензия	Бессрочная	Временная (подписка)	Временная (подписка)	Бессрочная и временная (подписка)	Бессрочная и временная (подписка)
Минимальные требования к компьютеру	Операционная система Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows Vista, Windows XP. Процессор Pentium 4 (2GHz и выше). Оперативная память RAM 512 MB (рекомендуется 1 GB или более). Свободное место на жестком диске 4 GB. Видеокарта с 3D-ускорителем, 256 MB RAM (рекомендуется 512 MB и более), драйвер с поддержкой OpenGL. Для продвинутой 3D	Операционная система Windows macOS 10.13+ (High Sierra). Процессор 1 ГГц или более быстрый 64-битный процессор. Оперативная память 4 GB оперативной памяти или больше. Свободное место на жестком диске 500 MB. Графическая карта OpenGL 3.0 или более новая с поддержкой Intel HD Graphics 2000 или лучше. Разрешение экрана 1024×768 пикселей или выше	Операционная система 64-битная Microsoft Windows 11/10. Процессор 64-разрядный многоядерный процессор с поддержкой инструкций SSE4.2. Оперативная память 4 GB. Видеокарта. Свободное место на жестком диске 9 Гб	Операционная система Windows 10 или macOS Catalina (10.15). Процессор 64-битный процессор с двумя ядрами или более. Оперативная память 8 GB или более. Свободное место на жестком диске: 5 GB или более (рекомендуется SSD). Видеокарта OpenGL 3.3 или более поздней версии. Минимальное разрешение экрана 1280×800 пикселей	Операционная система Windows 10, 64-разрядная версия. Процессор Intel Core i5 с тактовой частотой 3,0 ГГц или эквивалентный AMD процессор. Оперативная память 16 GB. Свободное место на жестком диске 20 GB. Графическая карта NVIDIA GeForce GTX 1050 с 3 GB / AMD Radeon RX 570 с 4 GB или эквивалентная карта с поддержкой DirectX 11

#### Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия

	графики нужна поддержка видеокартой OpenGL версии 2.0. Монитор с разрешением 1024×768 и выше, 24 или 32 бита на цвет). DVD привод. Свободный разъем USB для подключения ключа защиты				
Пробный период	нет	да	да	да	да
Специальные возможности – Энциклопедия растений	да	нет	нет	нет	нет
Специальные возможности – База объектов	да	да	да	да	да
Специальные возможности – Работа с рельефом	да	да	да	да	да
Специальные возможности – оформление рабочей документации	нет	нет	нет	да	нет
Примерная стоимость программы (зависит от курса валюты)	80 USD разово	300 USD в месяц	1068 USD в год	1329 USD разово	3954 USD разово

#### Заключение

Таким образом, указанные программы предоставляют ряд преимуществ для профессиональной работы в области ландшафтной архитектуры и визуализации, но также имеют некоторые недостатки, связанные с системными требованиями и возможностями настройки. Выбор программы для работы над рабочей документацией при проектировании объектов ландшафтной архитектуры зависит от потребностей, опыта работы и возможностей компьютера.

#### Список литературы

1. Лебедева Н.А. Конкурентный анализ в бизнесе / Н.А. Лебедева // Академия безопасности и выживания, 2014. 12 с.
2. Мокронос А.Г. Конкуренция и конкурентоспособность / А.Г. Мокронос, И.Н. Маврина // Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 2014. 194 с.
3. Пронина В.А. Популярные программы для компьютерного проектирования ландшафтного дизайна / В.А. Пронина // Наука в современном мире: сб. науч. трудов по матер. XVI междунар. науч.-практ. конф. Анапа. 2020. С. 123-126.

## АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГОРОДА БРЯНСКА – КАК СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ

Соболева Г.Н.<sup>1</sup>, Волкова Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

<sup>2</sup>(Управление по строительству и развитию территории г. Брянска, г. Брянск, Россия)

*Рассмотрены основные направления градостроительного развития территории города Брянска. Проведен анализ ряда положений, регулирующих реализацию и контроль проведения основных мероприятий по совершенствованию градостроительной деятельности.*

1. Реализация положений Генерального плана города Брянска в части развития улично-дорожной сети

В соответствии с проектными решениями, заложенными в Генеральном плане города Брянска приняты решения по строительству улично-дорожной сети, наиболее значимыми являются:

- строительство автодороги по ул. Ильи Иванова в Советском районе кольцевое пересечение ул. Ильи Иванова – ул. Объездная;

- ввод в эксплуатацию дороги по ул. Советской, ул. им. О.С. Визнюка, ул. Счастливой, проездов от улицы Романа Брянского до улицы Счастливой в Советском районе, магистрали городского значения и защитной дамбы на участке от железнодорожного вокзала Брянск-1 Володарского района до проспекта Московского Фокинского района города Брянска со строительством моста через реку Десна в сторону улицы Горького.

Несмотря на вышеуказанные положительные эффекты от реализации Генерального плана города Брянска, существует проблема сохранения коридоров под развитие улично-дорожной сети.

С целью градостроительного регулирования, а также уменьшения затрат на изъятие земельных участков, сокращения числа судебных процессов по оспариванию решений, принятых Брянской городской администрацией, необходимо решение вопроса об установлении красных линий.

Наиболее остро данный вопрос стоит в отношении территории индивидуального жилищного строительства, в связи с несоответствием внутриквартальных проездов требованиям СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», оказанием услуг Брянской городской администрацией по перераспределению земельных участков с их формированием в сторону улично-дорожной сети, наличием грунтового покрытия и, как следствие,

#### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

необходимостью проведения работ по капитальному ремонту улиц.

2. Изменение порядка проведения публичных слушаний, общественных обсуждений по вопросам градостроительной деятельности на территории города Брянска

Статьей 7 Федерального закона от 14.03.2022 № 58-ФЗ установлено, что в 2022, 2023 и 2024 годах при осуществлении градостроительной деятельности срок проведения общественных обсуждений или публичных слушаний по проектам генеральных планов, проектам правил землепользования и застройки, проектам планировки территории, проектам межевания территории, проектам, предусматривающим внесение изменений в один из указанных утвержденных документов, с момента оповещения жителей муниципального образования о проведении таких общественных обсуждений или публичных слушаний до дня опубликования заключения о результатах общественных обсуждений или публичных слушаний не может превышать один месяц [1].

При этом нормативными правовыми актами Правительства РФ, высших исполнительных органов государственной власти субъектов РФ наряду со случаями, предусмотренными законодательством о градостроительной деятельности, могут быть установлены случаи утверждения указанных проектов, внесения изменений в указанные проекты без проведения общественных обсуждений или публичных слушаний.

Решением Брянского городского Совета народных депутатов от 27.04.2022 № 587 [2] установлено, что в 2022, 2023, 2024 годах требования Положения о порядке проведения общественных обсуждений и публичных слушаний по вопросам градостроительной деятельности на территории города Брянска, принятого Решением Брянского городского Совета народных депутатов от 26.02.2020 № 137, применяются с учетом особенностей, предусмотренных статьей 7 Федерального закона от 14.03.2022 № 58-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1, 3], в том числе, с учетом случаев, установленных нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации и (или) Правительства Брянской области:

- внесение изменений в генеральный план и в правила землепользования и застройки в целях приведения их в соответствие с генеральным планом;
- утверждение проектов планировки территории, проектов межевания территории, если такие проекты подготовлены для территории, в отношении которой принято решение о ее комплексном развитии;
- утверждение проектов планировки территории, проектов межевания территории, если такие проекты подготовлены для размещения линейных объектов местного значения, за исключением линейных объектов, для размещения которых допускается изъятие земельных участков для государственных или муниципальных нужд, а также линейных объектов, размещение которых планируется в границах земель лесного фонда;
- внесение изменений в утвержденный проект планировки территории,

#### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

проект межевания территории.

Таким образом, данные изменения позволили оптимизировать и ускорить мероприятия, связанные с утверждением документации по планировке территории.

3. Программа комплексного развития социальной инфраструктуры города Брянска

Решением Брянского городского Совета народных депутатов от 30.11.2022 № 700 утверждена программа комплексного развития социальной инфраструктуры города Брянска на период с 2022 по 2032 год [4].

Мероприятия, предусмотренные данной Программой, позволят обеспечить население города Брянска объектами социальной инфраструктуры и повысить качество жизни по основным сферам: образование, здравоохранение, культура, физическая культура и спорт.

4. Реализация механизма комплексного развития территории

Градостроительный кодекс РФ, Федеральный закон от 30.12.2020 № 494-ФЗ и постановление Правительства Брянской области от 30.08.2021 № 353-п ввели новый механизм, позволяющий на привлекательных для инвестора условиях осуществлять расселение ветхого, непригодного для постоянного проживания жилищного фонда и многоэтажное жилищное строительство.

Впервые на территории Брянской области данный механизм реализуется в муниципальном образовании городской округ город Брянск на 2-х смежных земельных участках по адресу: г. Брянск, Советский район, ул. Дуки, 46, ул. Бондаренко, в соответствии с заключенным 05.09.2022 договором между Брянской городской администрацией и ООО СЗ «Группа компаний Надежда».

Согласно условиям указанного договора застройщик осуществляет расселение 11-ти помещений, общей площадью 350,3 м<sup>2</sup>, а также строительство 17-ти этажного многоквартирного жилого дома, общей площадью квартир 8454,3 м<sup>2</sup>.

Данная практика является успешной и требует дальнейшей реализации на территории города Брянска в качестве механизма, позволяющего реализовать программу расселения ветхого и непригодного жилья на территории города, а также изменить его архитектурно-градостроительный облик.

5. Приведение административных регламентов в соответствие с действующим законодательством

В связи с внесением изменений в Градостроительный кодекс РФ, Жилищный кодекс РФ и сопутствующие нормативно-правовые акты, затрагивающие административные процедуры, связанные с градостроительной деятельностью, в части требований к документации, порядку предоставления, перехода на электронный вид и предоставление услуг через МФЦ, а также сокращению сроков предоставления муниципальных услуг, в настоящее время в стадии подготовки находится проект постановления Брянской городской администрации «О внесении изменений в административные регламенты

#### **Секция 4. Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия**

«Предоставление муниципальной услуги по подготовке документации по планировке территории» и «Предоставление муниципальной услуги по утверждению документации по планировке территории», утверждённые постановлением Брянской городской администрации от 22.11.2017 № 4032-п.

В целях упорядочения подготовки, оформления и выдачи документов о согласовании переустройства и (или) перепланировки помещений в многоквартирных домах, постановлением Брянской городской администрации от 21.03.2023 № 928-п утвержден перечень видов работ по перепланировке и (или) переустройству помещений в многоквартирных домах на территории города Брянска.

Данные изменения позволили упростить для жителей города указанные административные процедуры.

#### **Заключение**

Следует отметить, что ранее утвержденные документы в области градостроительного планирования позволили принять необходимые управленческие решения, направленные на создание предпосылок для существенного роста градостроительного потенциала на территории города.

Изменения порядка проведения публичных слушаний, общественных обсуждений ускорить мероприятия, связанные с утверждением документации по планировке территории.

Программа комплексного развития социальной инфраструктуры города Брянска позволит повысить качество жизни по основным сферам: образование, здравоохранение, культура, физическая культура и спорт.

Реализация механизма комплексного развития территории позволит изменить его архитектурный облик г. Брянска.

#### **Список литературы**

1. ФЗ о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. 14.03.2022. № 58-ФЗ.

2. Об особенностях проведения публичных слушаний, общественных обсуждений по градостроительным вопросам в 2022 и 2023 годах. Решение Брянского городского Совета народных депутатов. 27.04.2022. № 587.

3. О порядке проведения общественных обсуждений и публичных слушаний по вопросам градостроительной деятельности на территории города Брянска. Решение Брянского городского Совета народных депутатов. 26.02.2020. № 137.

4. Программа комплексного развития социальной инфраструктуры города Брянска на период с 2022 по 2032 год. Решение Брянского городского Совета народных депутатов. 30.11.2022. № 700.

## **ИЗУЧЕНИЕ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ, УГЛА НАКЛОНА И ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ НА ВЫРАБАТЫВАЕМУЮ ЕЮ СИЛУ ТОКА**

Алимов Д.В., Саломатникова В.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе исследуется влияние окружающих природных факторов на вырабатываемый солнечной батареей электрический ток. Для оценки влияния: разработана экспериментальная установка; выполнено множество замеров в естественных природных (рабочих) условиях; проведен анализ собранных материалов математическими методами.*

Сегодня в мире все чаще и чаще поднимаются вопросы экономичности (конечность природных ресурсов), экологичности (влияние на окружающую среду) и усовершенствовании (получение максимальной выгоды при минимальных затратах) методов получения энергии. Важно отметить, что многие эффективно работающие изобретения берут свое начало из того, что создала природа путем своих проб и ошибок в течении многих миллионов лет эволюции. И если обратится к природе с вопросом извлечения энергии, то можно наблюдать то, что энергия звезд принесла огромный вклад в существование и жизнь живых организмов.

Энергия звезд создала жизнь как таковую; используется многочисленными «зелеными» организмами для своего существования; используется живыми организмами для ориентации в пространстве, посредством органов зрения; также живыми организмами используется тепловая энергия света. При этом самым важным является выработка «зелеными» организмами органических веществ.

Если обратится к пищевой цепочке, то в ее «фундаменте» стоят «зеленые» организмы, которые являются производителями 100 % энергии и далее двигаясь по пути травоядные – хищники – разрушители, передающейся энергии становится все меньше и меньше. В своей сути энергия звезд является самым мощным источником энергии во Вселенной, но черпать ее напрямую пока не представляется возможным. Поэтому самым эффективным на сегодняшний день является использование следствия энергетических реакций звезд – испускаемого солнечного света, в той же сути, как делают это «зеленые» организмы.

На сегодняшний день это позволяют делать солнечные батареи. Сегодня они растут в сторону дешевизны и увеличения процента извлечения энергии из солнечного света. Но этих разработок на сегодняшний день мало и надо двигаться дальше. Кто-то может сказать, что эти технологии неприменимы в северных странах, но будем честны, что, если бы это было невозможно, то о существовании «зеленых» организмов в северных странах не могло бы быть и речи, но, как мы можем наблюдать, природа и фауна в северных странах очень развита, так почему извлечение энергии из солнечного света в этих местах представляется неосуществимым? Почему максимальную популярность

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

извлечения энергии из солнечного света получают страны, наиболее приближенные к экватору, основываясь только на том, что в этих местах больше солнечной энергии? И это при том, что современных разработок уже достаточно, для обеспечения энергией даже промышленных зданий в приэкваторных районах.

Огромная ошибка, на наш взгляд, что этими разработками занимаются приэкваторные страны, находящиеся в избытке солнечного света, когда на самом деле этим должны заниматься страны, находящиеся в дефиците этого ресурса для обеспечения максимальной продуктивности этой технологии. Поддержку наших слов о развитии технологий солнечных батарей мы нашли в словах академика Г.С. Ландсберга, который в 2001 году отмечал, что двигатели, основанные на нагревании под действием света, играют очень малую роль, а двигатели, построенные на основе фотоэффекта, – еще дело будущего, хотя опыты и показывают, что возможно изготовление фотоэлементов, способных превращать до 15 % падающей на них энергии света непосредственно в энергию электрического тока [1]. Это будущее, по нашему мнению, пора воплощать в явь.

Целью работы является сбор и получение необходимых первоначальных экспериментальных и расчетных данных, для формирования реального представления о работе солнечных батарей в тех или иных природных условиях. Все вышеперечисленное может привести к направлению дальнейшей работы.

Задачами работы являются: определение тех природных факторов, которые в теории могут влиять на выработку энергии солнечной батареей; создание экспериментальной установки для одновременного контроля или измерения этих факторов; математическая обработка полученных данных; оценка полученных результатов и формирование вектора дальнейшей работы.

В качестве исследуемых факторов были выбраны: угол наклона солнечной батареи (насколько сильное влияние имеет факт того, под каким углом к горизонту расположена солнечная батарея с учетом ее статики в течении всего испытания), освещенность поверхности солнечной батареи (насколько сильное имеет значение количество светового потока, проходящего через единицу площади поверхности солнечной батареи) и температура поверхности солнечной батареи (общеизвестен факт того, что при своей работе солнечная батарея способна нагреваться до очень высоких температур).

Необходимо отметить, что испытания проводились в достаточно жестких условиях: период измерений – август-декабрь (этот период отличается наименьшей выработкой энергии в году). Также большинство измерений проводились ближе к вечернему времени и в пасмурную погоду, когда освещенность и температура поверхности принимали минимальные значения. При этом всё минимальные условия не мешали вырабатывать всей электрической цепи достаточно высокие электрические параметры.

Для проведения эксперимента была разработана и собрана экспериментальная установка, приведенная на рис. 1.

Установка представляет собой опорную трехуровневую раму, каждый уровень которой ориентирован под углом, начиная снизу,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $0^\circ$  к горизонту. На каждом уровне располагается солнечная батарея, подающая в

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

электрическую цепь энергию непосредственно на аккумулятор, которая в дальнейшем подается на светодиод в случае недостатка солнечного света вокруг.

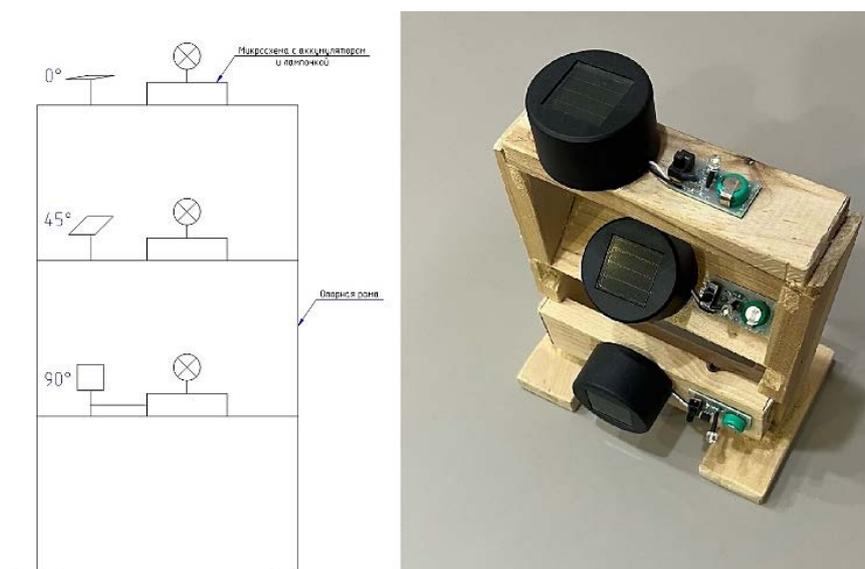


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки (слева), реальный вид экспериментальной установки (справа)

Таким образом, конструкция установки позволяет проводить измерения при трех пространственных позициях. Для измерения освещенности использовался люксметр. Освещенность измерялась для каждой пространственной позиции отдельно. Для измерения температуры поверхности солнечной батареи использовался пирометр. Температура измерялась также для каждой пространственной позиции отдельно. Сила тока определялась расчетным методом по закону Ома. Такой метод выполнен из-за невозможности постоянного параллельного измерения силы тока непосредственно напрямую. Экспериментальными методами при помощи мультиметра было найдено сопротивление солнечной батареи ( $R \approx 190 \text{ Ом}$ ). Напряжение измерялось мультиметром для каждой пространственной позиции отдельно. Первые полученные расчетные данные силы тока были сопоставлены с несколькими экспериментальными данными силы тока. Итогом сравнения стало то, что расчетные и экспериментальные данные совпадают. Далее сила тока определялась исключительно расчетными методами.

Почему определялась именно сила тока? Общеизвестный факт, что сила тока определяет действие электрического тока. Чем значение силы тока больше, тем действие электрического тока более существенно.

Итогом замеров стало получение 300 экспериментальных данных, которые использовались в дальнейшем для математического анализа.

Для дальнейшего статистического анализа были определены уровни и интервалы варьирования факторов, приведенные в табл. 1.

Предварительно предполагалось, что оптимальный угол наклона составляет  $45^\circ$ ; с увеличением освещенности увеличивается вырабатываемая сила тока; температура поверхности не имеет влияния на вырабатываемый ток.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Таблица 1 – Факторы, их уровни и интервалы варьирования

Факторы			Уровни факторов			Интервал варьирования
Наименование	Обозначение		Нижний	Основной	Верхний	
	натуральное	нормализованное				
Угол наклона, °	$\alpha$	$X_1$	0 (-1)	45 (0)	90 (+1)	45
Освещенность, лк	E	$X_2$	300 (-1)	6300 (0)	12300 (+1)	6000
Температура поверхности, °C	T	$X_3$	20 (-1)	30 (0)	40 (+1)	10

Формулы, связывающие нормализованные и натуральные значения факторов, имеют вид:

$$X_1 = (\alpha - 45) / 45; X_2 = (E - 6300) / 6000; X_3 = (t - 30) / 10. \quad (1), (2), (3)$$

На основе этих уровней из 300 измерений было отобрано 40 измерений наиболее попадающих в значения уровней. На основе этих 40 измерений была сформирована табл. 2.

Таблица 2 – Значения факторов, результаты опытов и расчетов

№	Значения факторов						Результаты опытов					Результаты расчетов	
	натуральные			нормализованные			$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$\bar{Y}_j$	$S^2$
	$\alpha, \circ$	E, лк	T, °C	$X_1$	$X_2$	$X_3$							
1	0	300	20	-1	-1	-1	2,158	2,263	2,053	2,053	2,316	2,169	0,014
2	90	300	20	+1	-1	-1	3,211	2,474	3,263	2,737	3,053	2,948	0,112
3	0	12300	20	-1	+1	-1	7,368	7,368	7,579	7,316	7,526	7,431	0,013
4	90	12300	20	+1	+1	-1	7,632	7,684	7,579	7,579	7,737	7,642	0,005
5	0	300	40	-1	-1	+1	4,895	3,421	2,737	3,211	3,263	3,505	0,298
6	90	300	40	+1	-1	+1	4,579	4,158	4,053	4,421	4,316	4,305	0,043
7	0	12300	40	-1	+1	+1	8,000	7,526	8,158	8,263	8,316	8,053	0,101
8	90	12300	40	+1	+1	+1	8,211	8,316	8,368	8,368	9,000	8,453	0,098

Гипотеза об однородности дисперсий подтверждена:

$$G_{расч} = 0,298 / 0,684 = 0,436 < G_{табл} = 0,4627. \quad (4)$$

Уравнение регрессии в нормализованных обозначениях имеет вид:

$$y = 5,563 + 0,274 \cdot X_1 + 2,332 \cdot X_2 + 0,516 \cdot X_3 - 0,121 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,026 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,158 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,021 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (5)$$

После оценки значимости найденных коэффициентов регрессии (если  $\leq t_{табл} \cdot s(b_i) = 2,74 \cdot \sqrt{(0,684/8)/5 \cdot 8} = 0,127$ , коэффициенты отбрасываются).

Уравнение регрессии принимает вид:

$$y = 5,563 + 0,274 \cdot X_1 + 2,332 \cdot X_2 + 0,516 \cdot X_3 - 0,158 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (6)$$

Проверка адекватности полученной математической модели:

$$S_{ад}^2 = S_{ад} / f_{ад} = n \cdot [\sum (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2] / (j - p) = 5 \cdot [(2,169 - 2,283)^2 + (2,948 - 2,831)^2 + (7,431 - 7,263)^2 + (7,642 - 7,811)^2 + (3,505 - 3,631)^2 + (4,305 - 4,179)^2 + (8,053 - 7,979)^2 + (8,453 - 8,527)^2] / (8 - 5) = 0,21. \quad (7)$$

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

$F_{расч} = S_{ад}^2 / S^2(y) = 0,21 / 0,086 = 2,44 < F_{табл} = 4,46$ , следовательно, гипотеза об адекватности найденной линейной модели подтверждается.

Модель с натуральными обозначениями факторов имеет вид:

$$I = 0,7943 + 0,006 \cdot \alpha + 0,0005 \cdot E + 0,069 \cdot T - 0,000003 \cdot E \cdot T. \quad (8)$$

Для наглядного представления о влиянии факторов построим графики по полученному уравнению (рис. 2).

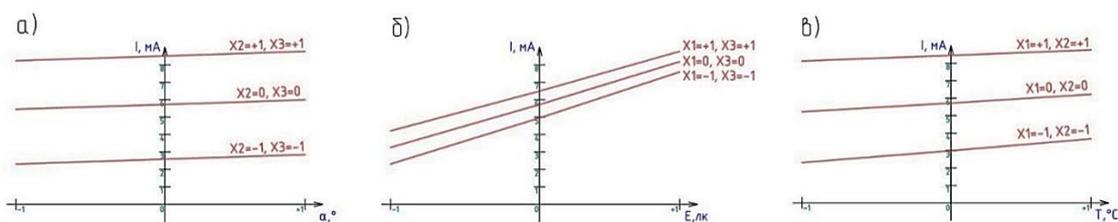


Рис. 2. Графики зависимостей отклика  $y$  (I) от факторов:

а)  $X_1$  ( $\alpha$ ), б)  $X_2$  (E), в)  $X_3$  (T)

Из графиков видно, что наибольшее влияние оказывает освещенность; небольшое влияние оказывает температура поверхности солнечной батареи; совсем небольшое, практически не оказывая никакого влияния, воздействует угол наклона солнечной батареи. Увеличение всех трех факторов приводит к увеличению силы тока, вырабатываемой солнечной батареей, но наибольшее влияние оказывает освещенность поверхности солнечной батареи. Учитывая предварительные теоретические предположения, оправдалось только влияние освещенности. Многие зададутся вопросом, как угол наклона солнечной батареи не имеет никакого значения, ведь это вроде как общеизвестный факт? На самом деле все проще некуда. Угол наклона в действительности не имеет никакого влияния, если вокруг солнечной батареи, испускаемый источником световой поток одинаков во всех направлениях (рис. 3).

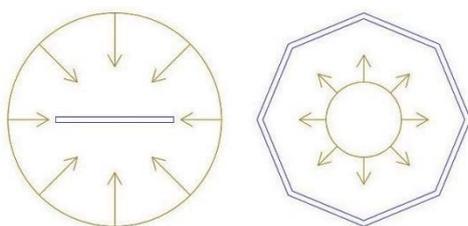


Рис. 3. Примеры источников света, испускающий одинаковый световой поток во всех направлениях (синий – солнечная батарея, желтый – источник света)

С учетом множества влияющих факторов, угол наклона солнечной батареи в действительности не несет в себе что-то критично важное, так как, например, батарея может быть наклонена под углом в  $45^\circ$  в пасмурную погоду или не иметь наклона в ясную погоду. Во втором случае из-за большей освещенности, вырабатываемый электрический ток будет больше. Но влияние угла наклона солнечной батареи имеет физический смысл. Освещенность есть световой поток, рассчитанный на единицу площади, т.е. отношение светового потока  $\Phi$ ,

падающего на площадь  $\sigma$ , к этой площади [1]:

$$E = \frac{\Phi}{\sigma}. \quad (9)$$

Световой поток  $\Phi$  равен произведению силы света  $I$  на телесный угол  $\Omega$ , в котором он распространяется [1]:

$$\Phi = I \cdot \Omega. \quad (10)$$

Если телесный угол  $\Omega = 0$ , то есть лучи строго параллельны, то световой поток также равен нулю. Это означает, что строго параллельный пучок световых лучей не несет никакой энергии, то есть не имеет физического смысла, – ни в одном реальном опыте не может быть осуществлен строго параллельный пучок. Это – чисто геометрическое понятие [1]. В действительности с учетом геометрических размеров солнечной батареи в экспериментальной установке и удаленности Солнца от Земли, угол наклона солнечной батареи несет малую зависимость, но ненулевую. Угол наклона имеет влияние на освещенность (рис. 4).

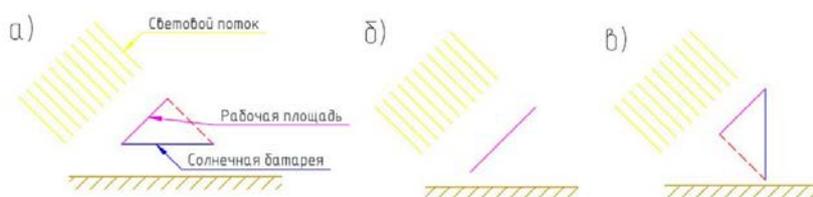


Рис. 4. Влияние угла наклона солнечной батареи на освещенность:  
а – 0°; б – 45°; в – 90°

### Заключение

Проведенный эксперимент позволяет сделать вывод о том, что основополагающим фактором, влияющим на работу солнечной батареи, является освещенность. Практически не влияющим фактором является угол наклона солнечной батареи. Да, геометрически он имеет влияние на освещенность, но в реальных условиях с учетом реальных размеров (размеров Солнца, солнечной батареи и расстояния до звезды), угол наклона не имеет влияния. В ходе расчетов температура поверхности имеет небольшое влияние. С учетом всего вышесказанного, основной упор необходимо направить на разработку способов увеличения освещенности (если говорить об усовершенствовании существующих разработок), также необходимы дальнейшие исследования влияния температуры поверхности солнечной батареи на вырабатываемую ею силу тока.

### Список литературы

1. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика / Г.С. Ландсберг. Москва: Физматлит, 2001. 656 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. Москва: Высшая школа, 2005. 480 с.

## НАДЕЖНОСТЬ АРМАТУРНОГО КАНАТА К-7 ПРИ КОРРЕЛЯЦИИ КОРРОЗИИ МЕЖДУ ПРОВОЛОКАМИ

Андреев И.Ф., Мацеевич Т.А.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет», г. Москва, Россия)

*В работе рассматриваются методы оценки надежности арматурных канатов при коррозии. Анализируется влияние коррозии на надежность железобетонных конструкций во времени. Результаты позволяют определить связь между различными переменными, такими как глубина трещины, пораженные проволоки и надежность арматурных канатов. Также обсуждается влияние корреляции коррозии между проволоками на надежность каната в целом. Предложен подход к анализу для инженеров и конструкторов, подчеркивая необходимость учета корреляции при оценке надежности железобетонных конструкций в условиях коррозии.*

На практике часто неизвестны базовые распределения наблюдаемых переменных, поэтому для оценки корреляции между случайными величинами приходится опираться на данные экспериментов и обследований, особенно при оценке коррозионного воздействия на конструкцию [1-3, 7-9]. Когда есть данные наблюдений для двух случайных переменных  $x$  и  $y$ , то можно оценить коэффициент корреляции следующим образом.

Предположим, что имеется  $n$  наблюдений  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  переменной  $x$  и  $n$  наблюдений  $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  переменной  $y$ . Используя рассчитанные выборочные средние  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  и выборочные стандартные отклонения  $S_x$  и  $S_y$ , выборочную оценку коэффициента корреляции можно рассчитать следующим образом:

$$r_{xy} = \frac{1}{n-1} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}. \quad (1)$$

Тогда, корреляция коррозии между проволокой, канатами и балками может быть определена на основе результатов испытаний или обследований. В данной работе корреляция между корродированными канатами может быть принята как любое число от 0 до 100 % в качестве исходных данных. При проектировании конструкции 100 % корреляция может быть принята для расчета максимальной вероятности отказа или предельного состояния.

По мере роста трещины и увеличения отношения глубины трещины/диаметр,  $a/b$ , предел прочности на растяжение снижается. Это свидетельствует о постепенном охрупчивании преднапряженных канатов в результате растрескивания под действием водорода [4-5].

Надежность каната в зависимости от времени может быть рассчитана следующим образом:

$$\beta(t) = \frac{\bar{a}_{cr} - \bar{a}(t)}{\sqrt{(\bar{a}_{cr} \cdot COV_a)^2 + \sigma_{a(t)}^2}}, \quad (2)$$

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

где  $\overline{a_{cr}}$  – среднее значение критической глубины трещины,  $\overline{a_{cr}}$  – среднее время роста глубины распространяющейся трещины,  $COV_a$  – коэффициент вариации глубины трещины,  $\sigma^2$  – изменение глубины распространяющейся трещины в зависимости от времени.

Значения среднего, стандартного отклонения и коэффициента вариации получают из результатов испытаний.

Используя надежность отдельных проволок, рассчитанную по формуле 2, можно получить надежность системы каната. Вероятность отказа каната имеет нижнее и верхнее граничные значения [4]:

$$\prod_{i=1}^n P_{fi}(t) \leq P_f(t) \leq \min(P_{fi}(t)), \quad (3)$$

где  $P_{fi}$  – вероятность отказа работы  $i$ -ого элемента.

Для 7 проволок (канат К-7 диаметром 15 мм [6]) можно оценить надежность каната в зависимости от времени. Хотя при расчете предполагается, что входные переменные являются некоррелированными случайными величинами, коррелированные случаи также будут находиться в диапазоне уравнения (2).

Используя надежность отдельных проволок, рассчитанную по уравнению (2), можно получить верхнее и нижнее граничные значения надежности каната. Нижняя граница в уравнении (2) не учитывает перераспределение нагрузки. Таким образом, вероятности отказа коррелированных и некоррелированных канатов следующие нижние и верхние граничные значения:

$$\prod_{i=1}^n P_{fi}(t) \leq -\Phi \left( \beta_e \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + (n-1)\bar{r}}} \right) \leq P_f(t) \leq \min(P_{fi}(t)), \quad (4)$$

где  $\beta_e$  – индекс надежности отдельного элемента,  $\bar{r}$  – усредненный коэффициент корреляции.

Заметим, что индекс надежности системы определяется выражением:

$$\beta_{sys} = \beta_e \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + (n-1)\bar{r}}}. \quad (5)$$

Верхняя граница вероятности отказа системы определяется минимальным значением отказа проволоки с трещиной. На рис. 1 показаны идеально коррелированные и частично коррелированные корродированные проволоки.

Учитывая статистическую независимость проволок в канате, можно рассмотреть четыре случая:

Случай 1: идеально коррелированные проволоки (если одна из них повреждена, все остальные одинаково повреждены).

Случай 2: некоррелированные проволоки (если одна из них повреждена, остальные могут быть поврежденными, неповрежденными или частично поврежденными).

Случай 3: частично коррелированные проволоки (если одна из них повреждена:  $r_1 = 1$ , остальные могут быть поврежденными:  $r_2 = 0,5$ ).

Случай 4: частично коррелированные проволоки (если одна из них

повреждена:  $r_1 = 1$ , то и соседние проволоки могут быть повреждены:  $r_2 = 0,5$ ).

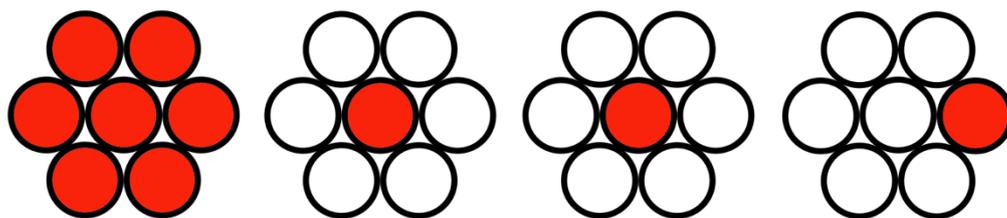


Рис. 1. Случаи корреляции коррозии между проволоками арматурного каната

Как показано на рис. 1, дефектная проволока принимается как  $r_i = 1$ , а частичная корреляция принимается как 0,5. Индексы надежности для примеров 1, 2, 3 и 4 построены на рис. 2. Данные для расчета указаны в табл. 1.

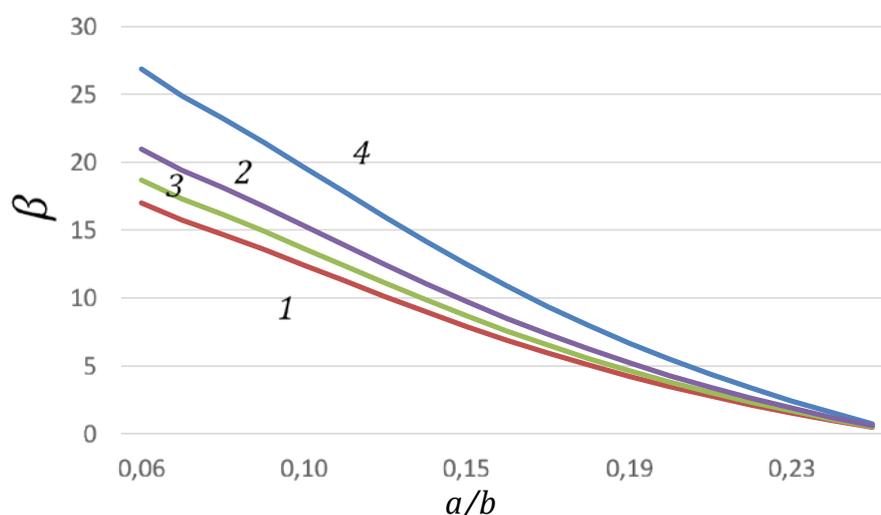


Рис. 2. Индекс надежности каната К-7 для 4-х случаев в зависимости от глубины повреждения

Таблица 1 – Данные расчетных параметров каната

Характеристика	Значение
Минимальная глубина повреждения ( $a/b$ )	0,058
Максимальная глубина повреждения ( $a/b$ )	0,476
Количество измерений (шагов)	38
Среднее значение ( $a/b$ )	0,266
COV	0,046
Среднеквадратическое отклонение	0,016
Диаметр каната, мм	15
Диаметр проволоки, мм	5

### Заключение

В работе рассмотрен метод оценки корреляции между различными случайными переменными, особенно в контексте коррозии в конструкциях, таких как проволока, канаты и балки. Расчеты корреляции проводятся на основе

выборочных средних и стандартных отклонений, позволяя определить связь между переменными. Представлен анализ влияния коррозии на прочность проволок и канатов, где постепенное ухудшение условий приводит к снижению надежности конструкции. Показано, что моделирование распределения хрупкого разрушения важно для предсказания надежности системы во времени. Исследование показывает, что при анализе надежности верхние и нижние границы вероятности отказа определяются как минимальным значением отказа каждого элемента, так и усредненным коэффициентом корреляции между ними. В целом, подчеркивается необходимость учета корреляции при анализе надежности конструкций, особенно в условиях коррозии. Эти результаты могут быть полезны для инженеров и конструкторов при проектировании и обслуживании объектов, обеспечивая более точные прогнозы надежности и безопасности конструкций.

### Список литературы

1. Tamrazyan A. Methodology for the Analysis and Assessment of the Reliability of the State and Prediction the Service Life of Reinforced Concrete Structures / A. Tamrazyan // Reinforced concrete structures. 2023. Pp. 5-18.
2. Тамразян А.Г. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой / А.Г. Тамразян, Т.А. Мацеевич // Строительство и реконструкция. 2022. № 1. С. 89-98.
3. Мацеевич Т.А. Конечно-элементная модель диффузии хлорида в предварительно напряженной корродированной арматуре железобетонных конструкций / Т.А. Мацеевич, И.Ф. Андреев // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 11. С. 1462-1470.
4. Cho Taejun. Reliability models for corrosion of concrete bridges. University of Michigan / Taejun Cho. 2003.
5. Dekhterev D. Assessment of the reliability of bent reinforced concrete elements under corrosive effects / D. Dekhterev, T. Matseevich // E3S Web of Conferences. 2023 Pp. 02029.
6. ГОСТ Р 53772-2010. Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные. Москва: Стандартинформ, 2010. 23 с.
7. Меркулов С.И. Развитие теории конструктивной безопасности объектов в условиях коррозионных воздействий / С.И. Меркулов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 44-46.
8. Тамразян А.Г. Надежностная оптимизация конструкций с учетом неопределенностей при проектировании / А.Г. Тамразян, Т.А. Мацеевич // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования-2022: сб. докладов третьей нац. науч. конф. (Москва, 19 декабря 2022 г.). Москва: НИУ МГСУ. 2023. С. 50-54.
9. Федосов С.В. Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2017. № 12. С. 52-57.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЕРЕДВИЖКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Голубов Е.В., Парфенов С.Г.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены методы передвижки зданий и сооружений с целью осуществления перепланировки городской среды для расширения магистралей или прокладки новых улиц. В качестве основных методов передвижки зданий исследованы методы прямолинейного и криволинейного движения.*

Передвижка зданий и сооружений преследует цель осуществить перепланировку городской среды с целью расширения магистралей или прокладки новых улиц. В этом случае, когда здание препятствует этому процессу, то его либо демонтируют, а в случаях высокой архитектурно-исторической значимости – осуществляют его перемещение на новое место [1].

Цель исследования: рассмотреть основные существующие методы передвижки зданий и сооружений.

Задачи исследования: изучить виды и способы передвижки зданий и сооружений; исследовать основные факторы, влияющие на выбор способа передвижки зданий; рассмотреть основные этапы при передвижке зданий и сооружений различными способами.

В зависимости от нового месторасположения зданий нужно передвигать в прямолинейном и криволинейном направлении.

При прямолинейном движении нужно различать следующие методы передвижения: в одном из направлений несущих стен; под некоторым углом к несущим стенам; сначала по направлению несущих стен, а затем по второму этапу движения, под некоторым углом к первоначальному [2, 3].

Первый метод – передвижка в прямом направлении – наиболее простой, почему и применяется чаще всего, если этому не препятствует красная линия и окружающие сооружения (рис. 1).

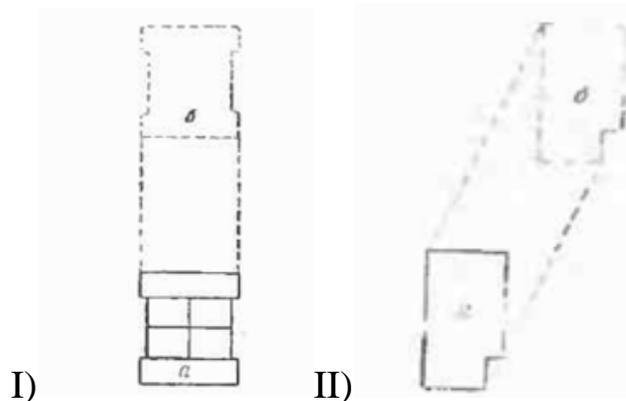


Рис. 1. Схема передвижки в прямом (I) и косом (II) направлениях: а) положение здания до передвижки; б) положение здания после передвижки

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Второй метод применяется в том случае, когда свободный участок расположен под некоторым углом к зданию и когда последнее после передвижки должно быть расположено параллельно своему исходному положению. Этот метод передвижки зданий можно назвать передвижкой в косом направлении.

В третьем случае, когда движению здания либо в прямом, либо в косом направлении мешают существующие сооружения, здание нужно передвигать таким образом, чтобы обойти эти сооружения. Для этого применяется метод последовательной передвижки зданий в двух направлениях.

При движении зданий в двух направлениях имеют место три варианта: оба движения соответствуют названию передвижки в прямом направлении; одно движение здания соответствует названию – передвижка в прямом направлении, а второе – передвижка в косом направлении.

В том случае, когда здание передвигается по двум взаимно перпендикулярным направлениям, передвижку следует назвать передвижкой по двум прямым направлениям (рис. 2).

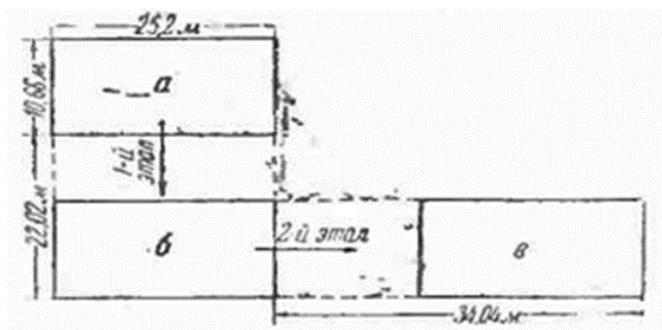


Рис. 2. Схема передвижки по двум направлениям: а) положение здания до передвижки; б) положение здания после передвижки

Это наиболее простое движение, и при передвижках здания по двум направлениям надо всегда стремиться к тому, чтобы здание, имеющее прямоугольное очертание в плане, в обоих случаях двигалось в направлении своих несущих стен, т.е. чтобы при одном движении оно передвигалось вперед торцом, а при другом – фасадом.

Второй вариант передвижки зданий более сложен, но все же, на практике, по условиям застройки территории, по которой приходится передвигать здание, периодически встречается. Такое движение здания можно назвать передвижкой по прямому и косому направлениям, либо, наоборот – передвижкой по косому и прямому направлениям, в зависимости от первоначального движения здания – в прямом или в косом направлении.

Криволинейное движение отличается от движения по двум направлениям тем, что при нем происходит одновременно и поворот здания – здание, перевернутое на новое место, не будет расположено параллельно его первоначальному положению.

При криволинейном направлении движения здания имеют место несколько случаев:

1. Центр вращения здания совпадает с центром здания (поворот здания

вокруг своей оси). При необходимости превратить дворовый фасад в уличный или повернуть здание, расположенное перпендикулярно улице, так, чтобы оно стало параллельно ей, прибегают к передвижке здания посредством поворота вокруг своей оси.

2. Центра вращения здания расположен в стороне от своей симметрии. Этот случай передвижки здания, когда вместе с поворотом здания приходится отодвигать его в сторону от первоначального положения.

Для всех случаев движения здания по криволинейному пути, особенно при длине радиусов, менее 200 м, рельсовые пути и ходовые балки целесообразно изгибать в соответствии с радиусом кривизны. При движении здания в криволинейном направлении все катки располагаются под домом радиально, в соответствии с одним центром, вокруг которого вращается здание (рис. 3) [2, 3].

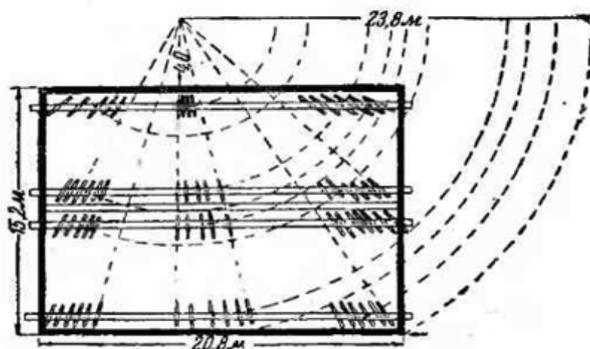


Рис. 3. Схема криволинейного движения при расположении центра вращения здания в стороне от осей симметрии

### Заключение

Значение передвижки зданий в процессе реконструкции городов огромно. Путем передвижки зданий может быть сохранено от сноса большое количество домов. В условиях тесных заводских площадок при постройке новых корпусов при помощи передвижки часто можно сохранить отдельные ценные сооружения и избежать необходимости дорогостоящего ремонта оборудования. В настоящее время техника передвижки зданий без нарушения их эксплуатации можно считать полностью освоенной. Также важно отметить, что по сравнению с применением технологий прошлого столетия, гораздо упрощены и максимально механизированы процессы передвижки зданий.

### Список литературы

1. Афанасьев А.А. Реконструкция зданий и сооружений. Часть 2 / А.А. Афанасьев. Москва, 2000. 154 с.
2. Гендель Э.М. Передвижка зданий и сооружений / Э.М. Гендель. Москва: Знание, 1978. 185 с.
3. Грабовый П.Г. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города / П.Г. Грабовый, В.А. Харитонов. Москва: АСВ, 2001. 132 с.

## РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БАЛКИ ИЗ ТЕКСТИЛЬНО-АРМИРОВАННОГО БЕТОНА

Жорина В.С., Моргунов М.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Текстильно-армированный бетон (ТАБ) – сравнительно новый строительный материал. Он характеризуется возможностью изготовления тонких, легких и, в то же время, достаточно прочных конструкций. В работе произведен расчет несущей способности балки из текстильно-армированного бетона, а также выполнено сравнение расчетных данных с результатами испытаний балки на чистый изгиб. Кроме того, вычислена высота сечения балки, при которой армирование углеродным текстилем перестает быть эффективным.*

Текстильно-армированный бетон (ТАБ) – это относительно новый тип армированного бетона, в котором обычные стальные арматурные стержни заменены текстильными материалами.

Данный материал можно использовать для: усиления различных железобетонных конструкций, в том числе опоры и пролеты мостов, своды тоннелей и подпорные стены; изготовления дорожных плит, технологических настилов, резервуаров и емкостей; возведения пешеходных мостов, куполов и объектов береговой инфраструктуры морских сооружений.

Однако, на данный момент все реализованные проекты с использованием текстильно-армированного бетона можно считать уникальными. Повсеместное использование данного материала затрудняется отсутствием простых и практичных моделей проектирования и методик расчета, поэтому в большинстве стран перед использованием конструкций из ТАБ необходимо проводить их испытания, которые являются достаточно трудоемкими и дорогостоящими.

Рассмотрим возможность применения методик расчета бетонных конструкций, армированных полимерной композитной арматурой, по [3] для конструкций из текстильно-армированного бетона (рис. 1). Для этого за основу возьмем результаты испытания балки на чистый изгиб, приведенные в [1]. Исходные данные для расчета представлены в табл. 1.

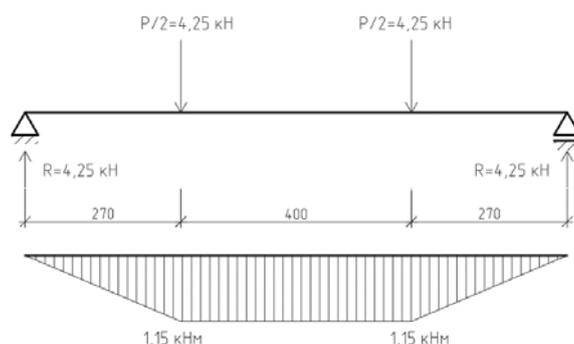


Рис. 1. Расчетная схема и эпюра моментов

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Средний изгибающий момент, при котором произошло разрушение образцов	$M$	1,15	кН·м
Ширина поперечного сечения образцов	$b$	200	мм
Высота поперечного сечения образцов	$h$	50	мм
Расстояние от равнодействующих усилий в арматуре до ближайшей грани сечения	$a$	7,5	мм
Средняя прочность на сжатие бетонного цилиндра	$R_{цил}$	53,6	МПа
Предел прочности при растяжении прядей из углеродного волокна	$R_{fn}$	4000	МПа
Модуль упругости прядей из углеродного волокна	$E_f$	240	ГПа
Площадь поперечного сечения текстильного армирования (6 прядей по 1,83 мм <sup>2</sup> )	$A_f$	10,98	мм <sup>2</sup>
Разрушающая нагрузка	$P$	8,5	кН

Расчетное значение сопротивления растяжению композитной полимерной арматуры  $R_f$  определим по формуле [3]:

$$R_f = \gamma_{f,l} \cdot R_{fn}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{f,l}$  – коэффициент снижения сопротивления растяжению композитной полимерной арматуры при длительном действии нагрузки, принимаемый для углеродной арматуры равным 0,6.

$$R_f = 4000 \cdot 0,6 = 2400 \text{ МПа.}$$

При изготовлении образцов был использован бетон со средней прочностью на сжатие бетонного цилиндра, равной 53,6 МПа. В методике расчета бетонных конструкций, армированных полимерной композитной арматурой, используется призмная прочность бетона.

В соответствии с [4] примем коэффициент перехода от прочности бетонного цилиндра к прочности бетонного куба равным 0,827. Тогда получим:

$$R = 0,827 \cdot 53,6 = 44,33 \text{ МПа.}$$

Призмная прочность бетона равна

$$R_{bn} \approx 0,75 \cdot R = 0,75 \cdot 44,33 = 33,25 \text{ МПа.}$$

Расчетное значение сопротивления бетона осевому сжатию  $R_b$  определим по формуле [2]:

$$R_b = \frac{R_{bn}}{\gamma_b}, \quad (2)$$

где  $\gamma_b$  – коэффициент надежности по бетону при сжатии, принимаемый для тяжелого бетона равным 1,3.

$$R_b = \frac{33,25}{1,3} = 25,6 \text{ МПа.}$$

В соответствии с п.6.1.7 [3] расчет по прочности сечений изгибаемых конструкций следует производить из условия:

$$M \leq M_{ult}, \quad (3)$$

где  $M$  – изгибающий момент от внешней нагрузки;  $M_{ult}$  – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента.

По результатам испытаний изгибающий момент от внешней нагрузки, при котором произошло разрушение образцов, равен 1,15 кНм.

Определим значение граничной относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi_R$ :

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{b2}}}, \quad (4)$$

где  $\omega$  – характеристика сжатой зоны бетона, принимаемая для мелкозернистого бетона класса В60 и ниже равной 0,8;  $\varepsilon_f$  – расчетное значение предельных относительных деформаций композитной полимерной арматуры, вычисляемое по формуле:

$$\varepsilon_f = \frac{R_f}{E_f} = \frac{2400}{240 \cdot 10^3} = 0,01;$$

$\varepsilon_{b2}$  – относительные деформации сжатого бетона при напряжениях  $R_b$ , принимаемые по СП 63.13330 для бетонов класса В60 и ниже равным 0,0035.

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{0,01}{0,0035}} = 0,207.$$

Определим относительную высоту сжатой зоны бетона  $\xi$  по формуле:

$$\xi = \frac{x}{h_0}, \quad (5)$$

где  $x$  – высота сжатой зоны бетона, определяемая по формуле:

$$x = \frac{R_f \cdot A_f}{R_b \cdot b} = \frac{2400 \cdot 10,98}{25,6 \cdot 200} = 5,15 \text{ мм};$$

$h_0$  – рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 50 - 7,5 = 42,5 \text{ мм}.$$

$$\xi = \frac{5,15}{42,5} = 0,121 < \xi_R = 0,207.$$

$\xi = 0,121 < \xi_R = 0,207$ , следовательно,  $M_{ult}$  определяем по формуле

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x). \quad (6)$$

$$M_{ult} = 25,6 \cdot 200 \cdot 5,15 \cdot (42,5 - 0,5 \cdot 5,15) = 1,052 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 1,052 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением, меньше значения изгибающего момента от внешней нагрузки, равного 1,15 кНм, т.е. при данном значении момента экспериментальные образцы должны разрушиться, что и произошло при проведении испытаний.

Это подтверждает возможность использования расчета изгибаемых конструкций из [3] для расчета изгибаемых балок из текстильно-армированного

бетона с одним слоем армирования из плоской сетки с углеродными прядями.

Рассчитаем балку с аналогичными характеристиками и приложенной нагрузкой, но с большей рабочей высотой сечения и сравним значения предельных изгибающих моментов, которые могут быть восприняты сечениями балки из текстильно-армированного бетона и бетона без армирования.

Значение предельного изгибающего момента для бетонного элемента без армирования, определяют по формуле [2]:

$$M_{ult} = R_{bt} \cdot W, \quad (7)$$

где  $W$  – момент сопротивления сечения элемента для крайнего растянутого волокна, который для прямоугольного сечения определяется по формуле:

$$W = \frac{bh^2}{6}. \quad (8)$$

Приблизительное значение сопротивления бетона осевому растяжению можно определить по следующей формуле:

$$R_{btn} = 0,233 \sqrt[3]{R^2}, \quad (9)$$

где  $R$  – кубиковая прочность бетона.

$$R_{btn} = 0,233 \sqrt[3]{44,33^2} = 2,92 \text{ МПа.}$$

Расчетное значение сопротивления бетона осевому растяжению  $R_{bt}$  определим по формуле [2]:

$$R_{bt} = \frac{R_{btn}}{\gamma_{bt}}, \quad (10)$$

где  $\gamma_{bt}$  – коэффициент надежности по бетону при сжатии, принимаемый для мелкозернистого бетона равным 1,5.

$$R_{bt} = \frac{2,92}{1,5} = 1,95 \text{ МПа.}$$

Как видно из рис. 2, при увеличении высоты поперечного сечения также увеличивается несущая способность как элементов из бетона, так и элементов из текстильно-армированного бетона.

При значениях высоты поперечного сечения от 50 до 350 мм включительно значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента из текстильно-армированного бетона, превышает значение предельного изгибающего момента, воспринимаемого сечением элемента из бетона.

Но при достижении  $h = 400$  мм и более, несущая способность элемента из текстильно-армированного бетона становится меньше несущей способности элемента из бетона без армирования.

Результаты расчета предельных изгибающих моментов для элементов из текстильно-армированного бетона и бетона приведены в табл. 2 и 3 соответственно.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

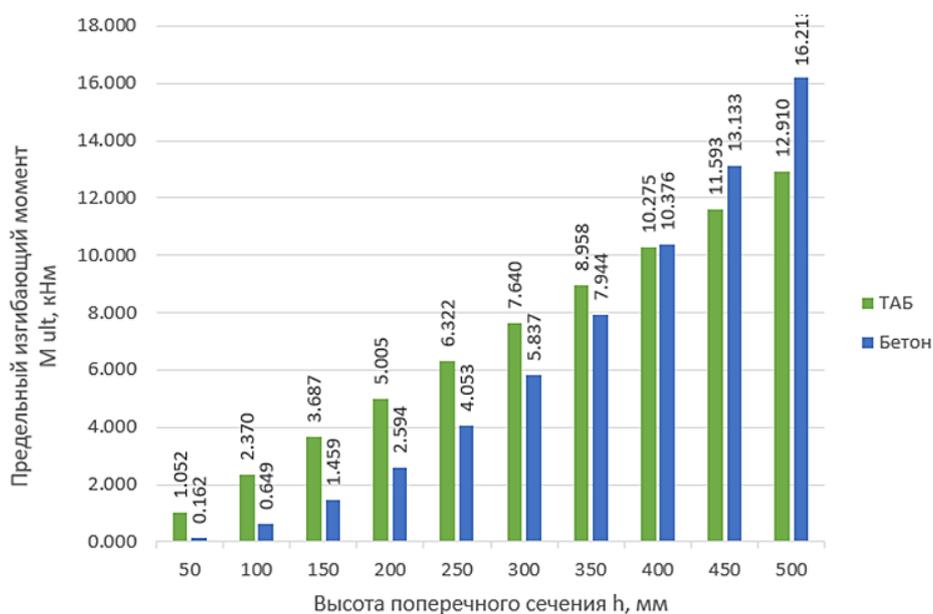


Рис. 2. Изменение значений предельных изгибающих моментов, воспринимаемых сечениями элементов из бетона и ТАБ, при изменении высоты поперечного сечения

Таблица 2 – Расчет предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента из текстильно-армированного бетона, при различных значениях высоты поперечного сечения

№ П/П	Расчетное сжатие бетона $R_b$ , МПа	Расчетное сопротивление растяжению армирующей	Модуль упругости армирующей углеродной сетки $E_f$ , МПа	Расстояние от арматуры до ближайшей грани сечения $a$ , мм	Ширина поперечного сечения $b$ , мм	Высота поперечного сечения $h$ , мм	Рабочая высота сечения $h_0$ , мм	Граничная относительная высота сжатой зоны бетона $\xi_R$	Высота сжатой зоны бетона $x$ , мм	Относительная высота сжатой зоны бетона $\xi$	Предельный изгибающий момент $M_{ult}$ , кН·м
1	25,6	2400	240·103	7,5	200	50	42,5	0,207	5,15	0,121	1,052
2						100	92,5			0,056	2,370
3						150	142,5			0,036	3,687
4						200	192,5			0,027	5,005
5						250	242,5			0,021	6,322
6						300	292,5			0,018	7,640
7						350	342,5			0,015	8,958
8						400	392,5			0,013	10,275
9						450	442,5			0,012	11,593
10						500	492,5			0,010	12,910

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Таблица 3 – Расчет предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента из бетона, при различных значениях высоты поперечного сечения

№ п/п	Расчетное сопротивление бетона осевому растяжению $R_{bt}$ , МПа	Ширина поперечного сечения $b$ , мм	Высота поперечного сечения $h$ , мм	Момент сопротивления сечения элемента для крайнего растянутого волокна $W$ , мм <sup>3</sup>	Предельный изгибающий момент $M_{ult}$ , кН·м
1	1,95	200	50	83 333	0,162
2			100	333 333	0,649
3			150	750 000	1,459
4			200	1 333 333	2,594
5			250	2 083 333	4,053
6			300	3 000 000	5,837
7			350	4 083 333	7,944
8			400	5 333 333	10,376
9			450	6 750 000	13,133
10			500	8 333 333	16,213

### Заключение

Расчетное значение предельного изгибающего момента, воспринимаемого сечением балки из текстильно-армированного бетона, соответствует значению изгибающего момента, при котором экспериментальные образцы разрушились. Следовательно, применение методики, приведенной в [3], для элементов из ТАБ допустимо. Дальнейший расчет показал, что для рассмотренных образцов из текстильно-армированного бетона высота поперечного сечения является эффективной лишь до значения, равного 400 мм. При больших значениях высоты сечения несущая способность элемента из текстиль-бетона становится меньше, чем у элемента из бетона, что делает армирование текстилем в данном случае бессмысленным.

### Список литературы

1. Pettersson M. FE-modelling of Textile Reinforced Concrete Facade Elements / M. Pettersson, P. Thorsson // Chalmers university of technology. 2014. Pp. 88.
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2019. 124 с.
3. СП 295.1325800.2017. Бетонные конструкции, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. Москва: Стандартинформ, 2017. 55 с.
4. ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013. Бетон. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2017. 79 с.
5. Окольникова Г.Э. Использование текстильного армирования в конструкциях / Г.Э. Окольникова, А.М. Баранкова, К. Дурутлу [и др.] // Системные технологии. 2022. № 1 (42).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОЛОКОЛЬНИ

Ильичев В.А., Пикин Д.Ю., Шаныкин П.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматривается обследование колокольни в осях «1-2», «Г-Д». Произведен осмотр конструкции визуальными и инструментальными методами с использованием средств контроля в соответствии с перечнем инструментов и приборов, используемых при обследовании строительных конструкций зданий, и в соответствии с указаниями ГОСТ 31937-2011.*

Объектом исследования являются колокольня (рис. 1). Необходимость исследования вызвана определением уровня физического износа, эксплуатационной надёжности строительных конструкций данной колокольни.

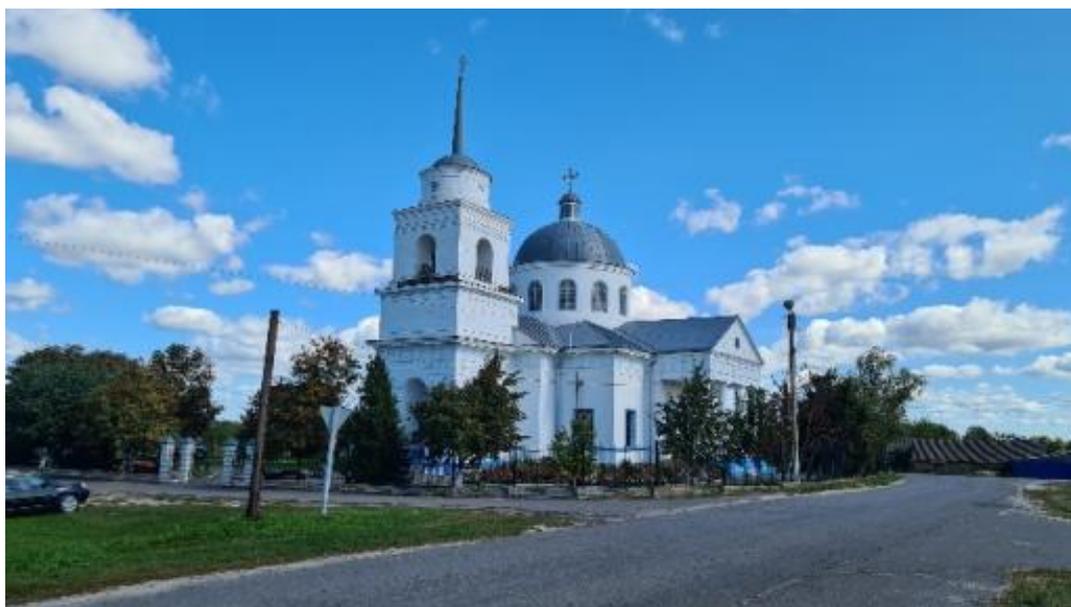


Рис. 1. Общий вид церкви с колокольней

Техническое обследование выполнено натурным способом на основе использования визуально-регистрационного метода неразрушающего контроля, сопоставления полученных данных с данными справочной и нормативной литературы. Основой визуального обследования является осмотр объекта. Методика исследования принята согласно «Практического пособия строительного эксперта».

Определение месторасположения и степени опасности дефектов производилось путем осмотра.

Использованные технические средства измерения и контроля представлены в табл. 1.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Таблица 1 – Технические средства измерения

№	Наименование прибора, марка	Назначение	ГОСТ
1	Лазерный дальномер «DISTO Classic» Leica Geosystems AG	Измерение линейных размеров	
2	Отвес	Измерение отклонения	
3	Рулетки металлические	Измерение длины	7502-89
4	Компьютер	Камеральная обработка	
5	Цифровой фотоаппарат Sony A65	Документальная фотосъемка	

### Этапы технического обследования

1) Предварительное (рекогносцировочное) обследование:

- сбор и анализ имеющейся технической документации (проектной, исполнительной, эксплуатационной);
- уточнение конструктивного решения колокольни;
- первичное визуальное исследование состояния несущих конструкций по внешним признакам.

2) Основное (техническое) обследование:

- уточнение размеров, схем опирания конструкций, качества материалов;
- выявление фактического состояния несущих конструкций, изучение примененных строительных материалов, определение их геометрических размеров, объёма и качества.

3) Камеральная обработка материалов строительно-технической экспертизы и составления отчета с выводами включает в себя:

- изучение нормативно-технической литературы применительно к объекту исследования [1-7];

4) Изучение документации, предоставленной заказчиком, представлены на рис. 2, 3, 4.

5) Составление выводов на основании проведенного обследования.

6) Оформление отчета по результатам обследования и экспертизы технического состояния здания.

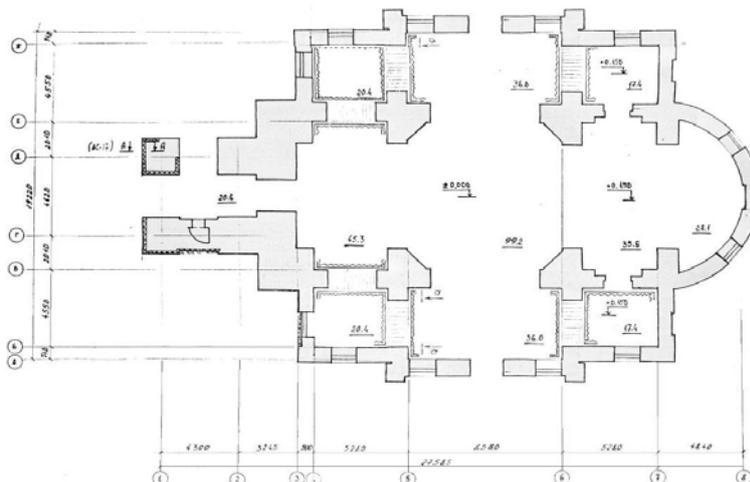


Рис. 2. План церкви на отметке 0.000

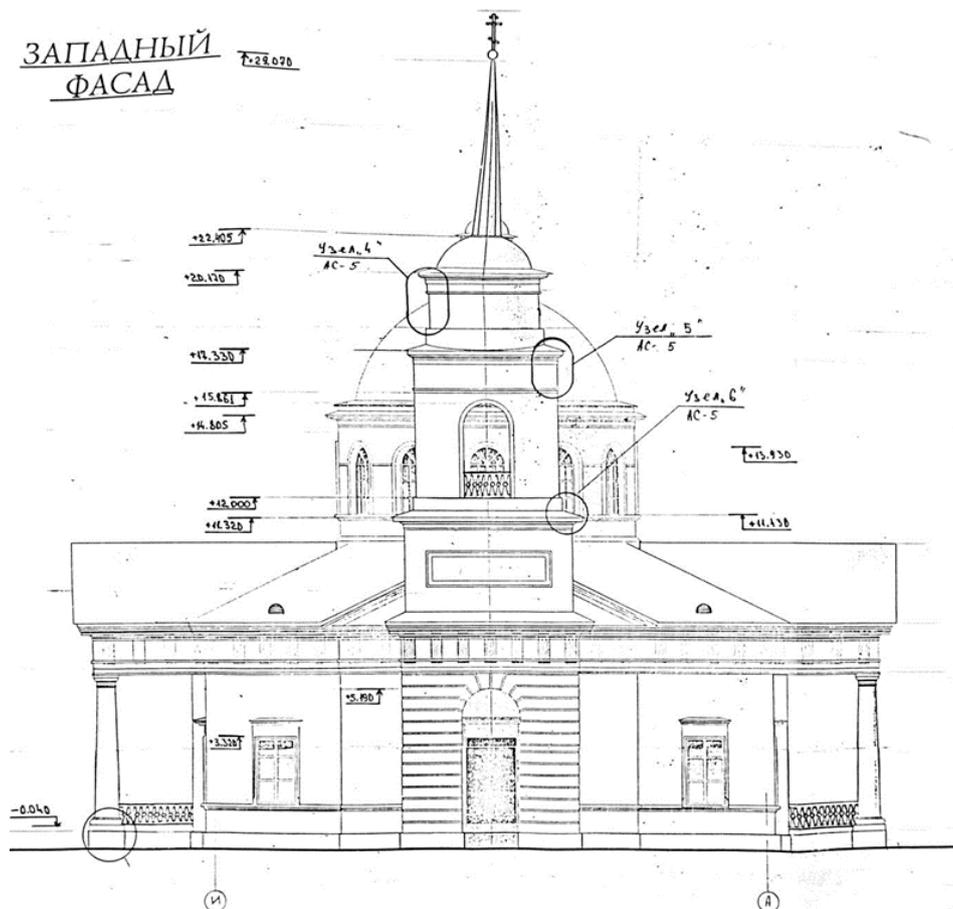


Рис. 3. Западный фасад церкви

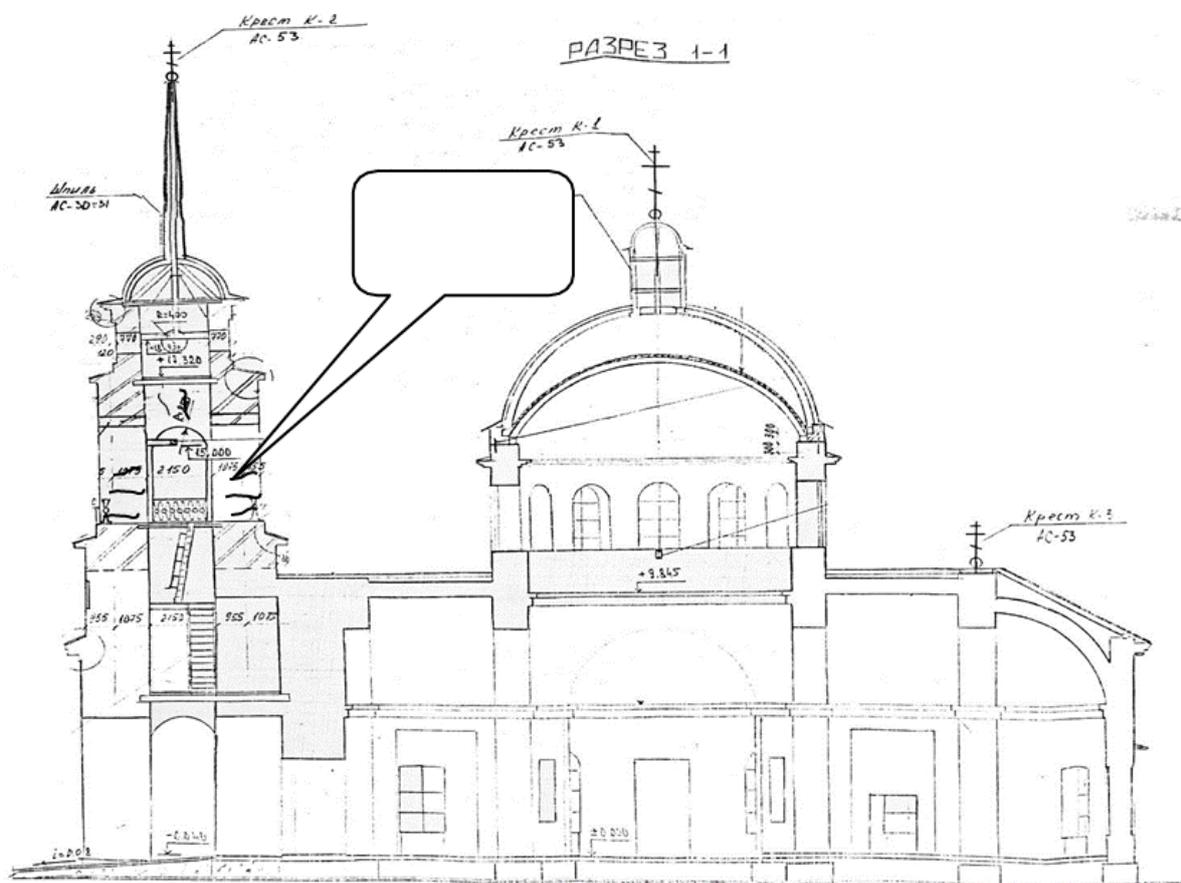


Рис. 4. Разрез церкви 1-1

### **Общее описание объекта**

Колокольня – квадратное в плане, четырехярусное сооружение, расположенное в передней части храма в осях «1-2», «Г-Д» (рис. 1, 2). Ярусы имеют различные габариты, как в плане, так и по высоте. Первый, второй и третий ярусы – близкие к квадрату в плане, оштукатурены и окрашены белой фасадной краской снаружи по всему периметру. Третий ярус – звонница, открытого типа с четырьмя арочными световыми проемами до уровня пола яруса. Четвертый ярус – барабан, круглый в плане глухой цилиндр с имитацией проема в виде круглого окна, увенчанный сверху куполом со шпилем яблоком и малым крестом. В первом и во втором ярусах располагается металлическая лестница для подъема на вышележащие ярусы колокольни и прохода на третий ярус – звонницу. Стены колокольни кирпичные, кладкой из одинарного керамического силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе рядовой кладкой. Перекрытия колокольни сводчатые из этого же кирпича. Купол и фризы колокольни покрыты оцинкованным листом с завальцовкой стыков. Для обеспечения жесткости и геометрической неизменяемости колокольни, на третьем ярусе ранее было произведено усиление металлическими тяжами в уровне верха и низа яруса и по периметру. В качестве вертикальных угловых элементов применен прокатный металлический уголок на всю высоту яруса.

Установить наличие вертикального и горизонтального армирования кирпичной кладки колокольни не представляется возможным неразрушающими методами, однако по косвенным признакам она отсутствует.

**После проведения технического обследования были выявлены следующие дефекты:**

1) Множественные трещины в штукатурном слое звонницы и барабана хаотической направленности. Местами отслоение штукатурного слоя (рис. 4).

2) Критические трещины, преимущественно горизонтальные и единичные вертикальные во всех стойках звонницы. Ширина раскрытия трещин до 12-15 мм. Глубина трещин превысила длину исследовательского щупа 15 см. При этом в нижележащих ярусах трещин не обнаружено.

3) Единичные трещины шириной раскрытия до 5 мм в замках трех арочных проемов звонницы. В одном проеме – двойная трещина. По предоставленной информации, до проведения мероприятий по усилению звонницы, трещины в замках достигали 5 см и более.

4) Выгиб наружу металлических уголков усиления звонницы. Визуально выгиб достигает 5-7 см.

5) Множественные мелкие незначительные дефекты пола и дощатой подшивки потолка звонницы косметического характера (рис. 4).

6) Металлические лестницы внутри колокольни не окрашены и имеют поверхностную коррозию.

Данные дефекты являются значительными, т.е. такими дефектами, при наличии которых существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики строительных конструкций (элементов) и их долговечность и эксплуатационная надежность.

Дефект подлежит устранению в рамках ремонтно-профилактических

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

работ. При этом эксплуатация здания в целом возможна при условии проведения периодических осмотров, контрольных проверок и мониторинга состояния строительных конструкций.



Рис. 4. Многочисленные дефекты по стенам колокольни (горизонтальные и вертикальные трещины различной природы, разрушение отделки)

**По результатам проведённого обследования колокольни церкви можно сделать следующие выводы. Выявленные дефекты являются значительными, т.е. наличие таких дефектов существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики строительных конструкций (элементов) и их**

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

долговечность или эксплуатационная надежность.

Состояние основных несущих и ограждающих конструкций крыши и колокольни здания не отвечает требованиям нормального уровня ответственности (КС-2) и минимального уровня безопасности жизнедеятельности человека.

Вероятной причиной возникновения дефектов является отсутствие либо недостаточное вертикальное и горизонтальное армирование, а также недостаточное усиление звонницы в процессе реконструкции, и существенный вес вышерасположенного барабана со шпилем. Вероятной причиной возникновения дефектов является отсутствие либо недостаточное вертикальное и горизонтальное армирование, а также недостаточное усиление звонницы в процессе реконструкции, и существенный вес вышерасположенного барабана со шпилем. Согласно наблюдениям за другой колокольней, при меньшем размере и весе барабана и шпиля над колокольней, дефектов в кирпичной кладке звонницы при ее аналогичных габаритах не возникает (рис. 5).



Рис. 5. Церковь Спаса Нерукотворного Образа. Дефекты звонницы отсутствуют

Согласно требованиям Федерального закона от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (статья 36 «Требования к обеспечению безопасности зданий и сооружений в процессе эксплуатации»), до принятия решения об переустройстве колокольни или об ее капитальном ремонте и усилении, эксплуатация здания возможна при условии проведения периодических осмотров, контрольных проверок и мониторинга

состояния строительных конструкций.

### Рекомендуются следующие решения:

1) Произвести капитальный ремонт колокольни. При этом произвести разбор звонницы и барабана и шпиля над ней, и устройство новых. При этом барабан и шпиль выполнить в меньших габаритах и в более облученной конструкции. Кирпичную кладку при возведении новых конструкций производить с вертикальным и горизонтальным армированием. В качестве горизонтального армирования применять кладочную сетку каждые 3-5 рядов, над арками – каждые 2 ряда. В качестве вертикального армирования применять арматуру металлическую не менее 18 мм А400/500С в каждой стойке звонницы. Нижние края арматуры заделать в нижележащий ярус не менее чем на 1 м на химических анкерах в предварительно просверленные отверстия.

2) В случае невозможности проведения капитального ремонта колокольни как указано выше, произвести дополнительное усиление звонницы. При этом предусмотреть инъектирование имеющихся трещин в кладке ремонтными составами под давлением, усиление кирпичной кладки металлическими скобами, установку дополнительных горизонтальных металлических тяжей вдобавок к существующим.

### Заключение

По результатам обследования колокольни церкви были выявлены множественные дефекты, которые существенно ухудшают эксплуатационные характеристики строительных конструкций. Из-за данных дефектов здание не отвечает требованиям нормального уровня ответственности (КС-2) и минимального уровня безопасности жизнедеятельности человека.

### Список литературы

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Москва: Госстрой России, 2004. 31 с.
2. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения / И.А. Физдель. Москва: Стройиздат, 1987. 336 с.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартинформ, 2014. 59 с.
4. ГОСТ 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартинформ, 2010. 65 с.
5. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Москва: Минрегион России, 2011. 85 с.
6. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\*. Москва: Минрегион России, 2012. 86 с.
7. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Москва: Минрегион России, 2012. 178 с.

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ КОЛОНН ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Кудрявцев М.В., Тамразян А.Г.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия)

*Одной из основных проблем современного железобетона состоит в оценке несущей способности элементов и зданий в условиях приобретенных повреждений за время эксплуатации. Одним из часто встречаемых дефектов железобетона является коррозия арматуры. Она влечет за собой ослабление сечения, что приводит к изменению жесткости и снижению несущей способности. Для решения поставленных задач необходимо развивать, дополнять и предлагать новые методики расчета поврежденного железобетона. В работе приведены результаты испытаний образцов железобетонных колонн, поврежденных коррозией арматуры на 20 % при центральном сжатии.*

При эксплуатации железобетонных конструкций возникает высокий риск накопления повреждений в них за счет длительного негативного влияния основных совокупных факторов: физико-химические процессы, протекающие в материалах в процессе эксплуатации и влияние внешних механических, и климатических воздействий [1-2]. Коррозия элементов железобетонных конструкций приводит к нарушению сцепления арматуры и бетона, что снижает несущую способность конструкции и влияет на перераспределение усилий в ней [3-6].

Особую опасность представляют коррозионно-поврежденные сооружения, эксплуатируемые в регионах с повышенной сейсмической активностью, так как коррозия арматуры и бетона приводит к значительному изменению общей жесткости сооружения, что в свою очередь может увеличить инерционные горизонтальные силы при одновременном снижении несущей способности отдельных элементов, а также повысить деформативность конструкции до критических значений [7-8].

Анализ влияния глубины коррозионного повреждения на предельную высоту сжатой зоны сечения внецентренно сжатых железобетонных элементов конструкций сказывается на снижении высоты сжатой зоны, относительно рабочей высоты сечения, что ведет к снижению несущей способности, вследствие уменьшения полезной площади сечения неповрежденного бетона, который может воспринимать сжимающее усилие. Также при увеличении глубины повреждения бетона в сечении происходит увеличение общей гибкости сжатого элемента, что снижает несущую способность [9].

В рамках выполнения работы по влиянию коррозии арматуры на несущую способность железобетонных колонн был поставлен эксперимент на центрально сжатых коррозионно-поврежденных моделях колонн.

Экспериментальный образец представляет модель колонны высотой

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

700 мм с поперечным сечением 100×100 мм. Один конец жестко защемлен в бетонном основании, второй конец свободный. Армирование колонны выполнено вязанными каркасами (рис. 1), продольное армирование 4Ø8 A500С ( $\mu = 2,01\%$ ), поперечное армирование выполнено гнутыми хомутами с шагом 50 мм стержнями Ø6 A240.



Рис. 1. Армирование колонны

Коррозия арматуры в теле бетона выполнялась методом электрохимической коррозии при постоянном токе в проводниках в среде 5 % солевого раствора NaCl (рис. 2).

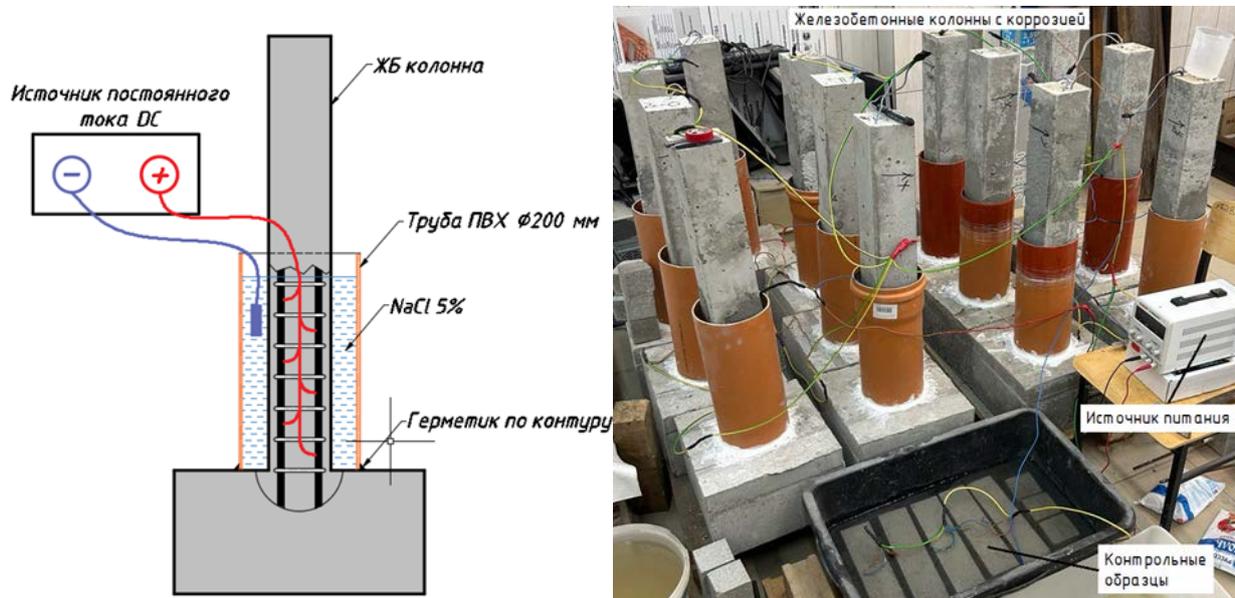


Рис. 2. Схема установки для коррозии колонн

Диаметр арматуры до коррозии составлял 8,12 мм ( $A_s = 0,52\text{ см}^2$ ). При постоянном токе равным 0,5А в течение 60 дней диаметр арматуры составил 7,14 мм ( $A_{s,cor} = 0,40\text{ см}^2$ ), процент коррозии арматуры в теле бетона по диаметру

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

$$\Delta_D = \frac{(D_s - D_{s,cor})}{D_s} \cdot 100 = \frac{(0,812 - 0,714)}{0,812} \cdot 100 = 12,07 \% \text{ и по площади поперечного сечения бетона } \Delta_A = \frac{(A_s - A_{s,cor})}{A_s} \cdot 100 = \frac{(0,52 - 0,40)}{0,52} \cdot 100 = 23,08 \% \text{ (рис. 3).}$$



Рис. 3. Изменения диаметра арматуры при коррозии

Несущую способность центрально сжатого железобетонного элемента с коррозией рабочей арматуры без механического повреждения (откалывания) защитного слоя бетона можно определить по формуле 1:

$$N_{ult} = \varphi(R_b A_b + R_{b,cor} A_{b,cor} + R_{sc} A_{sc} + R_{sc} A_{sc,cor}), \quad (1)$$

где  $R_b A_b$  – усилие воспринимаемое неповрежденным бетоном;  $R_{sc} A_{sc,cor}$  – усилие воспринимаемое сжатой поврежденной арматурой;  $R_{sc} A_{sc}$  – усилие воспринимаемое не поврежденной сжатой арматурой;  $R_{b,cor} A_{b,cor}$  – усилие воспринимаемое коррозионно-поврежденным бетоном;  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба.

В случае отсутствия коррозионного повреждения бетона в формуле 1 усилие  $R_{b,cor} A_{b,cor} = 0$ .

В работе [4] рассматривается случай нулевого сцепления арматуры с бетоном (оголение продольной рабочей арматуры). При таком расчетном условии несущая способность определяется как суммарное усилие воспринимаемая бетоном и критической несущей способностью арматурных стержней по Эйлеру.

$$N_{ult} = \varphi(R_b A_b + R_{b,cor} A_{b,cor} + n N_{cor}^{st}), \quad (2)$$

где  $n$  – количество сжатых арматурных стержней,  $N_{cor}^{st}$  – критическое усилие потери устойчивости арматурного стержня.

$$N_{cor}^{st} = \frac{\pi^2 E_s I}{l_{cor}^2}, \quad (3)$$

где  $l_{cor}$  – длина оголенного участка арматуры.

Экспериментальные образцы были установлены в рабочую зону испытательного оборудования. Нижний конец колонны жестко зашпелен в бетонном основании, верхний конец колонны свободный. По бокам колонны на расстоянии 300 мм от свободного конца перпендикулярно граням

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

устанавливались датчики линейных перемещений для измерения выгиба колонны из плоскостей под действием вертикальной сжимающей нагрузки.

Нагрузка на колонну прикладывалась ступенчато с выдержками на каждой ступени нагружения по 2 мин. Разрушение неповрежденной колонной коррозией произошло в нижней части колонны (рис. 4), разрушение поврежденной колонны коррозией произошло на участке между поврежденной и неповрежденной частью колонны (рис. 5).



Рис. 4. Разрушение колонны с коррозией



Рис. 5. Разрушение колонны без коррозии

Перед проведением испытания колонн были определены расчетные

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

характеристики бетона и арматуры: бетон колонны без повреждений –  $R_b = 11$  МПа, бетон колонны с повреждением –  $R_{b,cor} = 18,4$  МПа, расчетное сопротивление арматуры –  $R_{sc} = 510$  МПа. Рассчитаем несущую способность колонн по формуле 1, так как защитный слой бетона не отколот:

$$N_{ult} = \varphi(R_b A_b + R_{sc} A_{sc}) = 0,844(9,15 \cdot 100 + 510 \cdot 2,01) = 167,62 \text{ кН.}$$

$$N_{ult,cor} = \varphi(R_{b,cor} A_b + R_{sc,cor} A_{sc}) = 0,844(18,4 \cdot 100 + 510 \cdot 1,59) = 223,74 \text{ кН.}$$

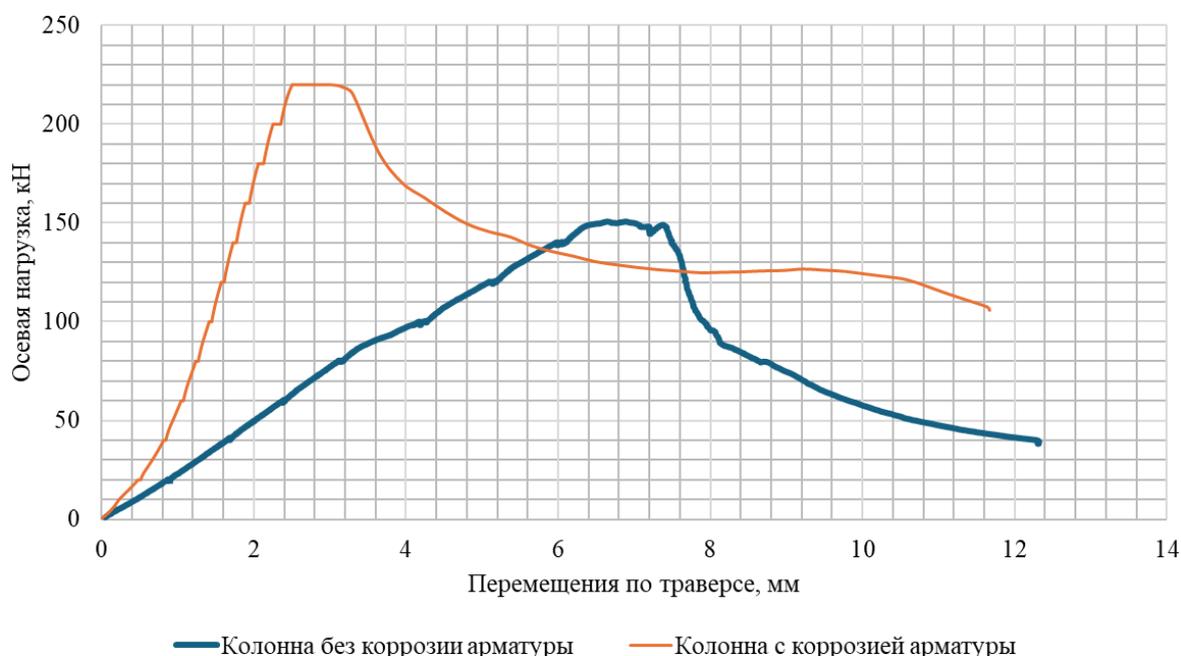


Рис. 6. Диаграмма «Осевая нагрузка, кН – перемещение траверсы, мм» для испытанных колонн

Фактическая несущая способность колонн при испытании составила: с неповрежденной арматурой – 150,663 кН, с поврежденной арматурой – 220,012 кН. Так как образцы подвергнутые коррозии арматуры хранились в водном растворе, бетон набрал большую прочность, чем в контрольных образцах. Сделаем пересчет теоретической несущей способности для неповрежденных колонн с прочностью бетона 18,4 МПа,  $N_{ult}=241,84$  кН. Таким образом, снижение несущей способности колонн с коррозией арматуры составляет:

$$\Delta = \frac{(N_{ult} - N_{ult,cor})}{N_{ult}} \cdot 100 = \frac{(241,84 - 220,12)}{241,84} \cdot 100 = 7,47 \text{ \%}.$$

### Заключение

Анализ литературных источников показывает высокий интерес к исследованию прочности и деформативности железобетонных сооружений в условиях приобретенных повреждений. Был проведен эксперимент по электрохимической коррозии железобетонных элементов для уточнения несущей способности центрально сжатых колонн при коррозионных повреждениях рабочей продольной арматуры.

По результатам экспериментальных данных было получено снижение несущей способности коррозионно-поврежденных колонн на 7,47 % при

коррозии продольной рабочей арматуры по площади сечения 23,08 %. При этом погрешность расчетов по формуле (1) составила 1,62 %, что говорит о хорошей сходимости теоретических расчетов и экспериментальных данных.

При дальнейшей работе будут рассмотрены другие уровни коррозии продольной арматуры, а также влияние изменение жесткости колонн на действие продольных (сжимающих) и поперечных сил.

#### Список литературы

1. Смоляго Г.А. Исследование аспектов хлоридной коррозии железобетонных конструкций / Г.А. Смоляго, А.А. Крючков, С.В. Дрокин [и др.] // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2014. № 2. С. 22-24.
2. Елизаров С.В. Учет ползучести бетона и коррозии арматуры при расчете железобетонных конструкций на сейсмостойкость / С.В. Елизаров, А.В. Бенин // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2004. № 2. С. 180-185.
3. Савин С.Ю. Несущая способность железобетонных внецентренно сжатых элементов каркасов зданий при коррозионных повреждениях в условиях особых воздействий / С.Ю. Савин, В.В. Колчунов, Н.В. Федорова // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 46-54.
4. Тамразян А.Г. К устойчивости внецентренно сжатых железобетонных элементов с малым эксцентриситетом с учетом реологических свойств бетона / А.Г. Тамразян // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. № 2. С. 48-57.
5. Мирсаяпов И.Т. К расчету железобетонных конструкций на выносливость / И.Т. Мирсаяпов, А.Г. Тамразян // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 19-23.
6. Люблинский В.А. Безопасность несущих систем многоэтажных зданий при локальном изменении жесткостных характеристик несущих элементов / В.А. Люблинский, А.Г. Тамразян // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: сб. науч. трудов III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону: в семи томах (Москва, 12-16 мая 2014 г.). Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2014. Т. 2. С. 90-99.
7. Тамразян А.Г. Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении / А.Г. Тамразян, Д.С. Попов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 2. С. 19-26.
8. Dawang Li. Influence of Non-uniform corrosion of steel bars on the seismic behavior of reinforced concrete columns / Li Dawang, Wei Ren, Xing Feng, Sui Lili [et al.] // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 167. Pp. 20-32.
9. Nicolas El-Joukhadar. Seismic Modelling of Corroded Reinforced Concrete Columns / Nicolas El-Joukhadar, Farah Dameh, Stavroula Pantazopoulou // Engineering Structures. 2023. Vol. 275. Pp. 115251.

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕКРЫТИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПОСЛЕ ВОЗГОРАНИЯ УТЕПЛИТЕЛЯ

Пикин Д.Ю., Ильичев В.А., Сахарова Е.В.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматривается обследование состояния перекрытия сборного из многопустотных железобетонных плит, подвергшихся воздействию огня, в результате пожара. Произведен осмотр конструкции визуальными и инструментальными методами с использованием средств контроля в соответствии с перечнем инструментов и приборов, используемых при обследовании строительных конструкций зданий, и в соответствии с указаниями ГОСТ 31937-2011.*

Объектом исследования являются железобетонные пустотные плиты перекрытия с предварительно напряженной арматурой (рис. 1) по ГОСТ 9561-2015.

Необходимость исследования вызвана определением технического состояния плит перекрытия и степени их физического повреждения после пожара с целью установления фактической работоспособности конструкций [3].

Техническое обследование выполнено натурным способом на основе использования визуально-регистрационного метода неразрушающего контроля.

Использованные технические средства измерения и контроля представлены в таблице (табл. 1).



Рис. 1. Дефекты плит. Общие виды помещений

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Таблица 1 – Технические средства измерения

№	Наименование прибора, марка	Назначение	ГОСТ
1	Лазерный дальномер «DISTO Classic» Leica Geosystems AG	Измерение линейных размеров	
2	Отвес	Измерение отклонения	
3	Рулетки металлические	Измерение длины	7502-89
4	Компьютер	Камеральная обработка	
6	Цифровой фотоаппарат Sony A65	Документальная фотосъемка	
7	Профессиональный лазерный нивелир LT L16-360В с двумя вертикальными и двумя горизонтальными лучами в 360 <sup>0</sup> точностью ± 0,2 мм/м	Используется для контроля горизонтальных и вертикальных линий	
8	УКС-МГ4	Измеритель прочности бетона, ультразвуковой тестер бетона, индикатор прочности бетона, дефектоскоп бетона	8.383

Испытание прочности бетона проводилось измерителем прочности бетона, ультразвуковым тестером бетона, индикатором прочности бетона, дефектоскопом бетона «УКС-МГ4» [4].

Измерения проводились прибором «УКС-МГ4», предназначенным для измерения времени распространения ультразвука в бетоне и аттестованными в установленном порядке.

Поверхность для испытания выбиралась таким способом, чтобы в зоне контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью бетона не было раковин и воздушных пор глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм, а также выступов более 0,5 мм [1].

Измерение фактических прогибов плит перекрытия проводилось профессиональным лазерным нивелиром LT L16-360В (рис. 2).

В ходе работы было выявлено, что значение фактических прогибов не превышает нормативных значений. Изменение прогиба было обнаружено у трех центральных плит перекрытия, у остальных сохранился предварительный прогиб.



Рис. 2. Определение прогибов плит

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

По результатам визуально-инструментального обследования перекрытия технического этажа в осях «15-19» между осями «Г-Д» (рис. 3) можно сделать следующие выводы.

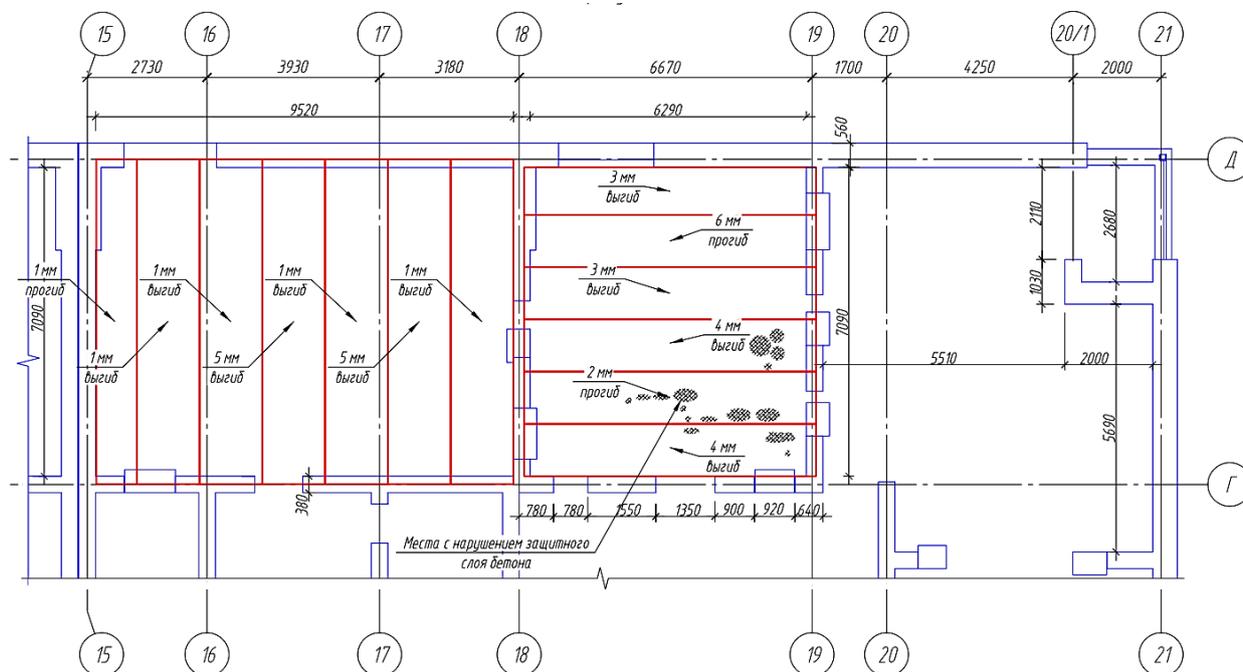


Рис. 3. Фрагмент плана плит перекрытия технического этажа по результатам обследования

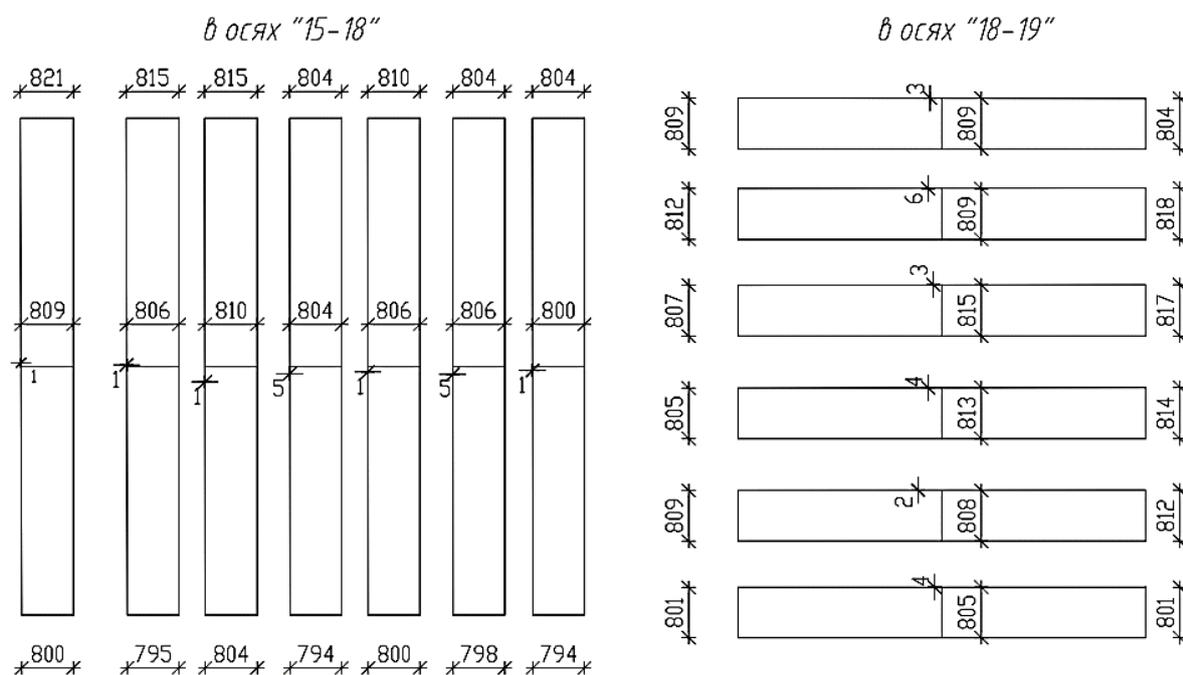


Рис. 4. Результаты нивелировки плит перекрытия технического этажа

При визуальном осмотре существенных дефектов элементов перекрытия и покрытия не выявлено.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Локальное незначительное отслоение защитного слоя бетона (до 8-9 мм) в трех плитах перекрытия в осях «18-19», «Г-Г1», без оголения рабочей арматуры.

Измеренная ультразвуковым способом прочность бетона плит перекрытия соответствует классу В12,5-В20, при этом обнаружено понижение прочности бетона к центру плит, что может быть вызвано более интенсивным воздействием огня.

Такое понижение незначительно и не сказалось на состоянии плит в целом. Установленные фактические прогибы плит перекрытия не превышают нормативных значений (максимально – 6 мм при предельно допустимом 25 мм), при этом прогиб обнаружен только у 3 плит перекрытия, у остальных сохранился предварительный выгиб (рис. 4).

Категория состояния – в целом работоспособное. Для плит с дефектами – ограниченно работоспособное [2].

### Заключение

В результате работы было проведено обследование плит перекрытия технического этажа неразрушающим ультразвуковым методом и определение фактических прогибов плит методом нивелировки.

По результатам обследования можно сделать выводы:

- результате воздействия открытого огня в отдельных плитах перекрытия наблюдается незначительное снижение прочности бетона от мест опирания к центру плиты;
- прогибы плит подверженных воздействию открытого огня не превышают нормативных значений;
- выявленные дефекты можно классифицировать как малозначительные.

### Список литературы

1. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Москва: Стандартинформ, 2019. 30 с.
2. СП 454.1325800.2019. Здания жилищные многоквартирные Правила оценки аварийного и ограниченно-работоспособного технического состояния. Москва: Стандартинформ, 2020. 40 с.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. Москва: Стандартинформ, 2019. 124 с.
4. Рекомендации по испытанию и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости опытных образцов железобетонных конструкций. Москва: НИИЖБ, 1996. 36 с.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ НА ПРОЧНОСТЬ АРМАТУРЫ А500С

Пикин Д.Ю., Камынин В.В., Шаныкин П.А., Тютчев Е.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты исследования влияния сварных швов на прочность арматуры А500С, взятых на объекте незавершенного строительства. Определены классы стали для каждого образца.*

При обследовании и проектировании зданий и сооружений возникает необходимость в перерасчете несущей способности железобетонных конструкций, на которые полностью или частично отсутствует проектная документация. Для этого необходимо изъятие из конструкции образцов арматуры с последующим ее исследованием. В качестве объекта исследования были взяты шесть образцов арматуры (рис. 1).



Рис. 1. Образцы арматуры

В результате осмотра и проведения замером геометрических параметров образцов, установлено их соответствие требованиям ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций» [1], ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций» [2] и ГОСТ 10884-94 «Сталь арматурная термомеханически, упрочненная для железобетонных конструкций» [3]. В качестве объекта исследования были получены шесть образцов арматуры. Образцы разделены на два типа: первый тип – № 1, № 2 и № 3 – арматурный прокат периодического профиля номинальным диаметром 10 мм, класса А500С ГОСТ Р 52544-2006 [4] длиной 400 мм; второй тип – № 4, № 5 и № 6 сборная сварная конструкция, состоящая из центрального

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

стержня арматурного проката периодического профиля номинальным диаметром 10 мм, класса А500С ГОСТ Р 52544-2006 длиной 400 мм с приваренными в нахлест под прямым углом электродуговой сваркой двумя обрезками арматурного проката периодического профиля номинальным диаметром 8 мм, класса А500С ГОСТ Р 52544-2006 длиной 180 мм. Расстояние между сварными швами также составляло 180 мм. Образцы были соответствующим образом промаркированы.

Механические свойства образцов определялись в соответствии с ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение» [5]. Так как сечение арматурного проката не превышало 40 мм, стандартные образцы не изготавливались и разрыву подвергался непосредственно арматурный стержень (рис. 2, 3). Определялся предел прочности образцов. Испытание проводилось на разрывной машине Testing Machine SHFM-600KN-0718539 АО УК «БМЗ». Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний механических свойств образцов

Тип образцов	№ образцов	Нагрузка, соответствующая разрыву, кгс	Предел прочности на растяжение $\sigma_B$ , МПа	Примечание
1	1	5500	700	
	2	5350	682	
	3	5450	694	
2	4	5300	675	Разрыв основного металла в месте сварного шва
	5	5450	694	Разрыв по основному металлу
	6	5450	694	Разрыв по основному металлу

Примечание: Номинальная площадь поперечного сечения  $F_n = 78,5 \text{ мм}^2$



Рис. 2. Образцы арматурного проката без сварных швов после испытаний на прочность

Согласно требованиям ГОСТ 52544-2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия» предел прочности арматурного прутка А500С должен составлять не менее 600 МПа, что выдерживается во всех случаях. Средний предел прочности образцов первого типа составляет 692 МПа, второго типа – 688 МПа. Разница составляет менее одного процента, что находится в пределах погрешности измерения.

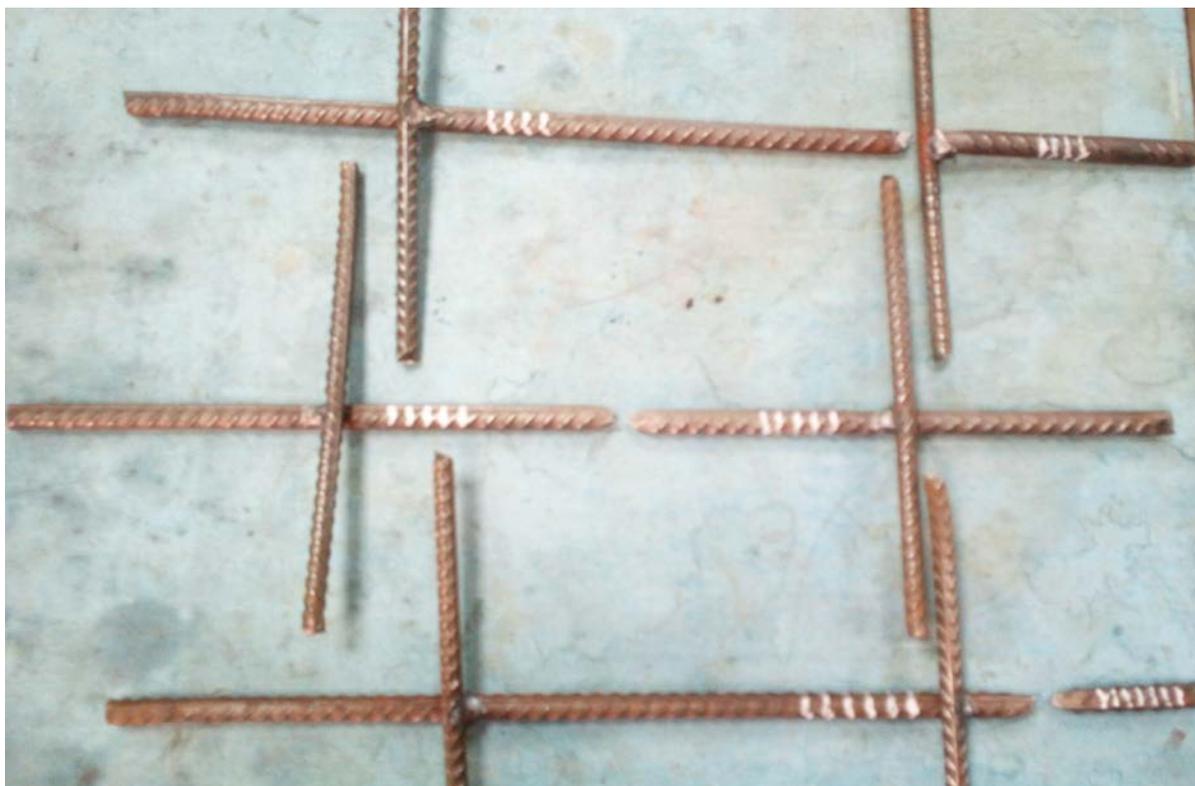


Рис. 3. Образцы арматурного проката со сварными швами после испытаний на прочность

#### Заключение

После проведения испытаний представленных образцов, можно сделать вывод о том, что из-за объёма испытанных образцов и незначительной разницы результатов испытаний, сварные швы не оказывают значительного влияния на прочность арматуры. Её значения отличаются менее чем на 5 % от арматуры без сварных швов, что является незначительным и допустимым.

#### Список литературы

1. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Москва: Стандартинформ, 2019. 46 с.
2. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Москва: Стандартинформ, 2006. 12 с.
3. ГОСТ 10884-94. Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2009. 16 с.
4. ГОСТ Р 52544-2006. Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2006. 23 с.
5. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. Москва: Стандартинформ, 2009. 12 с.

## АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ДВУХПРОЛЁТНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ НАСТИЛОВ И ОБРЕШЁТОК ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ МОНТАЖНОЙ НАГРУЗКОЙ В ОБОИХ ПРОЛЁТАХ

Прокуров М.Ю., Аксёнов В.Г.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Целью исследования является выявление и анализ характерных статических состояний двухпролётных деревянных элементов, нагруженных постоянной равномерно распределённой и двумя сосредоточенными монтажными нагрузками, приложенными в разных пролётах. Задача решается методом параметрического анализа на основе общих положений строительной механики и теории проектирования деревянных конструкций. Полученные результаты рекомендуется использовать при разработке проектных решений ограждающих конструкций деревянных покрытий построечного изготовления.*

Как отмечено в [2], настилы и обрешётки являются важной составляющей частью систем кровельных покрытий. Они представляют собой стержневые или плитообразные элементы, служащие непосредственным основанием для защитных элементов кровли. Сплошные настилы используются для устройства рулонных покрытий, а также являются основой для утеплителя. Разреженные настилы, или обрешётки, применяются для устройства кровли из штучных материалов.

Согласно положениям справочной литературы [1], при проектировании настилы и обрешётки рассматриваются как двухпролётные шарнирно-опёртые неразрезные балки, рассчитываемые при двух сочетаниях нагрузки.

Основным сочетанием является суммарное действие постоянных нагрузок от собственного веса конструкции и снега. При этом расчёт ведётся по обеим группам предельных состояний на прочность и прогиб. Дополнительным сочетанием является совместное действие распределённой нагрузки от собственного веса покрытия  $q$  и сосредоточенной монтажной силы  $P$ , приложенной в одном из пролётов рассматриваемой балки (рис. 1, а). В данной работе расчётное значение монтажной силы принято равным 1,2 кН, что отвечает известным случаям загрузки рассматриваемых конструкций при соответствующем выборе шага обрешёток или ширины полосы сплошного настила. При дополнительном сочетании нагрузок расчёт конструкций ведётся только на прочность с использованием положений СП 64.13330.2017. Дальнейшее исследование напряжённо-деформированного состояния данных конструкций связано с рассмотрением дополнительного сочетания нагрузок, моделирующего их загрузку на стадии монтажа.

Согласно данным справочной литературы, для используемой расчётной схемы рекомендуется принимать значение расчётного изгибающего момента по следующей формуле (рис. 1, б и в):

$$M_{max} = 0,07ql^2 + 0,207Pl . \quad (1)$$

Анализ статических состояний изгибаемой двухпролётной конструкции, проделанный в работе [3], определил условия адекватности такого подхода.

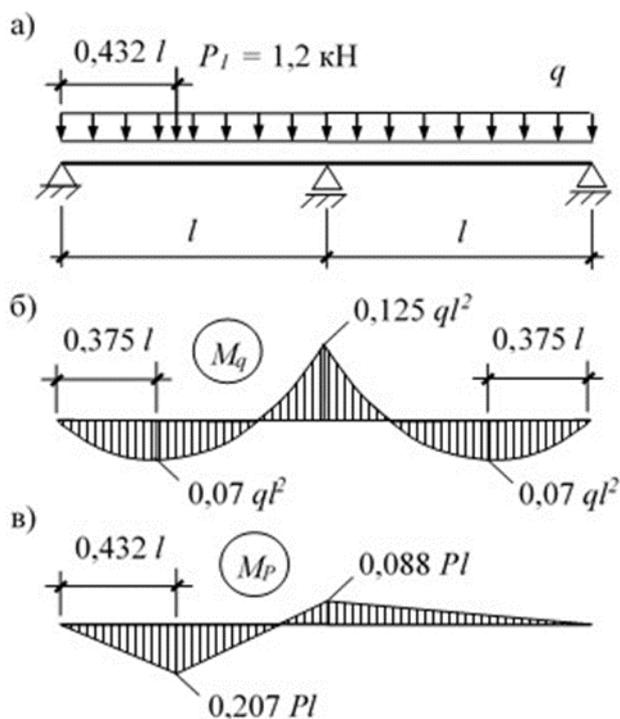


Рисунок 1 – Рекомендуемая схема расчёта настилов и обрешёток: а) вид нагружения; б) эпюра изгибающих моментов от постоянной нагрузки; в) то же, от монтажной нагрузки

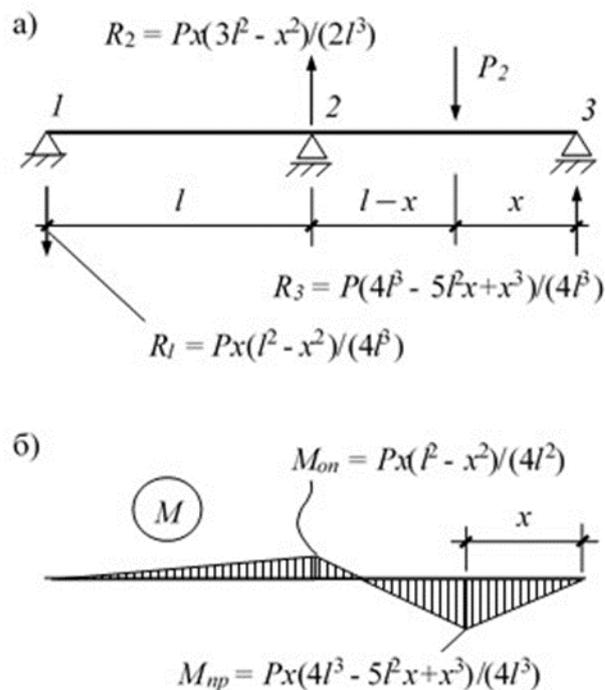


Рисунок 2 – Произвольное нагружение балки второй сосредоточенной нагрузкой в соседнем пролёте: а) расчётная схема; б) эпюра изгибающих моментов

Тем не менее, представляется возможным случай возникновения второй сосредоточенной нагрузки в соседнем пролёте рассматриваемого балочного элемента, что характерно при выполнении монтажных работ звеном из двух человек. Исследованию характерных статических состояний неразрезной балочной конструкции при нагружении равномерно распределённой и двумя сосредоточенными силами в разных пролётах посвящена настоящая статья.

Целью исследования является проверка условий прочности двухпролётного балочного элемента при его нагружении монтажной нагрузкой в обоих пролётах. При этом расчётный изгибающий момент, вычисленный по формуле (1), должен превышать по абсолютной величине соответствующие значения, вычисленные для нового монтажного нагружения, т.е. учитывать его возможность.

Для решения поставленной задачи используется метод параметрического анализа результатов расчёта двухпролётной балки, полученных в общем виде на основе общих положений строительной механики.

Действие постоянной нагрузки при оценке характерных статических состояний двухпролётной балки основывается на следующей функциональной зависимости для изгибающего момента, инвариантная эпюра которого показана на рис. 1, б:

$$M_q(x) = 0,375qlx - 0,5qx^2. \quad (2)$$

Действие обоих сосредоточенных монтажных нагрузок учитывается с помощью вариативных данных рис. 2, его зеркального отражения слева направо и применения принципа суперпозиции.

Далее определим условия характерных статических состояний нагружения двухпролётной балки.

1. Возникновение максимального изгибающего момента над центральной опорой

Максимальный изгибающий момент над центральной опорой возникает, если для расчётной схемы, показанной на рис. 1, а, единственная сосредоточенная сила будет приложена на расстоянии  $x = 0,577l$  от левой опоры. С учётом принципа суперпозиции и характерного вида эпюры, приведенной на рис. 2, б, несложно понять, что для возникновения этой расчётной ситуации вторая монтажная нагрузка в соседнем пролёте должна быть приложена на таком же расстоянии от правой опоры.

С учётом эпюр, показанных на рис. 1, б и 2, б, следует оценить три возможных экстремальных значения исследуемого внутреннего фактора:

$$\begin{cases} M_{np1} = 0,07ql^2 + 0,087Pl ; \\ M_{np2} = 0,05ql^2 + 0,134Pl ; \\ M_{он} = 0,125ql^2 + 0,192Pl . \end{cases} \quad (3)$$

Здесь и далее индексы изгибающего момента  $M_{np}$  указывают не номер пролёта, а номер его возможного экстремального значения в рассматриваемом пролёте неразрезной балки.

Первые два выражения системы (3) дают значения меньшие, чем формула (1), что устанавливается сравнением численные коэффициенты перед соответствующими физическими параметрами.

При этом опорный изгибающий момент  $M_{он}$  не будет превышать контрольное значение, определяемое по (1), если  $q \leq 0,27P/l$ . Учитывая, что длина стандартных пиломатериалов составляет 6 м, максимальное значение величины пролёта в неразрезной балке составит  $l = 3$  м. Такая величина пролёта задаёт минимальную границу для допустимых значений постоянной нагрузки  $q$ , перекрываемых контрольным условием (1). Допустимые значения постоянных нагрузок в зависимости от длин пролётов неразрезной балки приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Допустимые значения постоянных нагрузок для оценки прочности настилов и обрешёток с использованием формулы (1)

Перекрываемый пролёт $l$ , м	1	1,5	2	2,5	3
Допустимая постоянная нагрузка $q$ , кН/м	$\leq 0,32$	$\leq 0,22$	$\leq 0,16$	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$

Анализируя данные табл. 1, можно прийти к выводу, что допустимые значения постоянной нагрузки достаточно малы и соответствуют конструкциям

лёгких деревянных покрытий, но в отдельных случаях эти значения могут быть превышены. Так, без учёта веса балочного элемента нормативное значение нагрузки от веса листов асбестоцементного покрытия уже составит  $0,15 \text{ кН/м}^2$ .

Таким образом, рассматриваемый случай нагружения, требует проведения дополнительной проверки на прочность по опорному изгибающему моменту.

*2. Приложение второй монтажной нагрузки для наибольшего снижения величины максимального изгибающего момента над центральной опорой, вызванного действием первой монтажной нагрузки*

Как указано в пункте 1, если единственная монтажная нагрузка приложена на расстоянии  $x = 0,577l$  от крайней опоры, то над промежуточной опорой двухпролётной конструкции возникает изгибающий момент, имеющий максимальное значение. С учётом решения, отображённого на рис. 2, очевидно, что любое промежуточное приложение второй монтажной нагрузки в соседнем пролёте балки ведёт к увеличению значения рассматриваемого изгибающего момента.

Таким образом, для ограничения значения изгибающего момента над центральной опорой вторая монтажная нагрузка, при условии её возникновения, должна находиться непосредственно над центральной или над крайней опорой ранее незагруженного пролёта.

*3. Возникновение максимального изгибающего момента в пролёте*

Как известно из [1] и [2], максимальное значение изгибающего момента в пролёте рассматриваемой неразрезной балки от единственной монтажной нагрузки реализуется путём приложения последней на расстоянии  $x = 0,432l$  от крайней опоры. По аналогии с пунктом 2, наличие второй монтажной нагрузки в соседнем пролёте балки будет оказывать разгружающее действие для рассматриваемого внутреннего усилия.

Следовательно, максимальный изгибающий момент в пролёте конструкции реализуется при отсутствии второй монтажной нагрузки или её приложении над центральной или над крайней опорой соседнего пролёта.

*4. Приложение второй монтажной нагрузки для наибольшего снижения величины максимального изгибающего момента в пролёте, вызванного действием первой монтажной нагрузки*

По аналогии с пунктом 3, максимальное значение изгибающего момента от единственной монтажной нагрузки достигается путём её приложения на расстоянии  $x = 0,432l$  от крайней опоры своего пролёта. С помощью численного анализа установлено, что для снижения величины пролётного изгибающего момента вторую монтажную нагрузку в соседнем пролёте неразрезной балки необходимо приложить так, чтобы она вызывала максимальный изгибающий момент над центральной опорой, т.е. на расстоянии  $x = 0,577l$  от опоры своего пролёта.

С учётом эпюр, показанных на рис. 1, б, в и 2, б, необходимо оценить три возможных экстремальных значения изгибающего момента:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{np1} = 0,07ql^2 + 0,165Pl ; \\ M_{np2} = 0,05ql^2 + 0,138Pl ; \\ M_{on} = 0,125ql^2 + 0,184Pl . \end{array} \right. \quad (4)$$

В полученной системе (4) оба выражения для пролётных изгибающих моментов дают меньшие значения, чем условие (1). Значение опорного изгибающего момента, в свою очередь, перекрывается соответствующим условием системы (3). Следовательно, данный случай загрузки двухпролётной балки можно не принимать для дальнейшего рассмотрения.

5. *Каждая монтажная нагрузка, по отдельности, вызывает максимальный изгибающий момент в своём пролёте*

Для реализации данного случая загрузки каждая монтажная нагрузка прикладывается на расстоянии  $x = 0,432l$  от крайней опоры своего пролёта.

При этом для анализа напряжённого состояния неразрезной балки достаточно рассмотреть следующие выражения для экстремальных значений изгибающего момента:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{np} = 0,07ql^2 + 0,169Pl ; \\ M_{on} = 0,125ql^2 + 0,176Pl . \end{array} \right. \quad (5)$$

В полученной системе (5) выражение для вычисления пролётного изгибающего момента получается меньше, чем заданное условием (1). В свою очередь выражение для опорного момента перекрывается соответствующим выражением системы (3). Таким образом, данный случай загрузки двухпролётного неразрезного элемента можно исключить из рассмотрения.

### Заключение

Загрузка двухпролётной балки дополнительной монтажной нагрузкой и в ранее незагруженном пролёте приводит к увеличению значения опорного момента над центральной опорой и к снижению значений пролётных моментов.

В случае действия на конструкцию двух монтажных нагрузок, приложенных в соседних пролётах, требуется проведение дополнительной оценки её прочности по возможному экстремальному значению изгибающего момента над центральной опорой.

Эта расчётная ситуация возникает при приложении указанных нагрузок на расстояниях от крайних опор конструкции, равных  $x = 0,577l$ . Значение изгибающего момента при этом составляет:  $M_{on} = 0,125ql^2 + 0,192Pl$ .

### Список литературы

1. Гринь И.М. Проектирование и расчет деревянных конструкций / И.М. Гринь, В.В. Фурсов, Д.М. Бабушкин [и др.]. Липецк, 2006. 240 с.
2. Гиясов Б.И. Конструкции из древесины и пластмасс / Б.И. Гиясов, В.И. Запруднов, Н.Г. Серёгин [и др.]. Москва: АСВ, 2020. 616 с.

## **КОНТРОЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ИСХОДНОЙ ОСНОВЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Соболева Г.Н., Величко Е.М.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Рассмотрен вопрос установки исходных геодезических знаков высотной основы и деформационных знаков на контролируемых зданиях, для которых выполняется геодезический мониторинг. Показано влияние отдельных факторов на высотное положение глубинных реперов.*

Строительство, эксплуатация и реконструкция существующих зданий и сооружений, как правило, ведет к увеличению нагрузок на грунт, фундаменты, что вызывает различного рода деформации.

С целью своевременного определения начинающегося процесса деформации, выявление причин его появления и возможности спрогнозировать процесс развития проводится геодезический мониторинг зданий и сооружений.

Наблюдения могут начинаться со стадии устройства фундаментов или после окончания строительства при обнаружении признаков чрезмерных деформаций объекта. При проведении наблюдений отслеживают такие процессы: осадки – смещение по вертикали; сдвиги – перемещения по горизонтали; крены – отклонения от вертикали.

Перед началом измерений вертикальных перемещений (осадки) фундаментов необходимо установить опорные реперы (исходные геодезические знаки высотной основы) и деформационные (осадочные) знаки на контролируемых зданиях, для которых определяются вертикальные перемещения.

Опорные реперы должны быть закреплены на устойчивом основании: на земной поверхности вне зоны влияния строительства, эксплуатации сооружения или грунтовой выемки. Это условие распределения должно гарантировать, что исходные пункты будут стабильны в течение всего периода строительства и мониторинга. Триангуляция, полигонометрия, трилатерация, построение линейно-угловых сетей могут использоваться индивидуально для установления горизонтальных опорных точек или могут быть объединены. Но для вертикальных исходных пунктов используется традиционное геометрическое нивелирование [4].

После установки репера на него должна быть передана высотная отметка от ближайших пунктов геодезической сети.

Осадочные знаки устанавливаются в нижней части несущих конструкций по периметру здания снаружи или внутри его, на стыках строительных блоков, по обе стороны осадочного или температурного шва, в местах примыкания продольных и поперечных стен, на поперечных стенах в местах пересечения их с продольной осью, на несущих колоннах, вокруг зон с большими

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

динамическими нагрузками от оборудования, на участках с неблагоприятными геологическими условиями.

Поскольку требуемая точность наблюдений за деформацией определена, точность геодезической сети должна совпадать с требованиями таким образом, чтобы обеспечить обнаружение деформации конструкции в пределах допусков. [5-9]. Тип и места установки деформационных марок рассматриваются, исходя из цели и предмета деформации. В настоящее время различные призмы являются отражателями, используемыми в качестве деформационных марок. Они прикрепляются к наблюдаемому объекту и смещаются вместе с ним. Таким образом, любые изменения положения отражателя (координаты, расстояния или углы) отражают деформацию объекта. Устойчивости (стабильности) исходных пунктов, в силу важности вопроса, посвящено немало исследований в России и за рубежом.

Требования к точности расположению более реперов глубину сложно знаков выполнить. Так как репер, расположенный вблизи здания, получает значительные смещения, то он может быть использован только при контроле с практически неподвижного репера, установленного вне зоны осадок здания или сооружения. Исходя из этого, необходимо устанавливать два типа исходных реперов: удаленный на расстоянии 100-150 м основной репер, который остается практически неподвижным, и рядовой, установленный вблизи сооружения [1].

На высотное положение глубинных трубчатых реперов влияет температура воздуха и грунта. Проведенные исследования [2] показали, что температурные изменения длин трубчатых реперов, установленных на различной глубине от 2,8 до 21 м, отличаются друг от друга не более чем на 0,13 мм. Сезонные изменения температуры воздуха оказывают наибольшее влияние на верхнюю часть репера (глубиной 3-4 м), а на глубине более 12 м температура трубы остается постоянной (+ 7,8 °С). На основе проведенных исследований получена эмпирическая формула зависимости температурных деформаций  $\Delta$  реперных труб от температуры  $t$  °С окружающего воздуха в период проведения геодезических измерений:  $\Delta = 0,04t - 1$ .

В табл. 1 приведена рекомендуемая длина трубчатых свай при разной глубине промерзания грунта.

Таблица 1 – Рекомендуемая длина трубчатых свай

Глубина промерзания грунта, м	1,5	2	2,5	3
Рекомендуемая длина трубчатой сваи, м	5,25	7	8,75	10,5

Менее сложными, но не менее надежными являются свайные грунтовые реперы [2]. Грунтовые реперы, заложенные на глубину 1,8 м, изменяют свое положение в течение года более чем на 1-3 мм. На рис. 1 приведен график изменения положения грунтового репера, заложенного на глубину 1,8 м, в зависимости от времени года. Приведенный в [2] график (рис. 2) наглядно показывает, что вертикальные смещения реперов зависят от сезонного увлажнения грунта поверхностными водами. На глубинах от 0,2 до 2,3 м исследовалась устойчивость грунтовых знаков, установленных в суглинистых и

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

песчаных грунтах. Из графика на рис. 3 следует, что в суглинистых и песчаных грунтах при глубине заложения знаков 1,5-2 м влияние изменения влажности грунтов не превышает 1 мм. Наиболее значительные смещения (до 5 мм) испытывают знаки, установленные на глубине до 0,8 м.

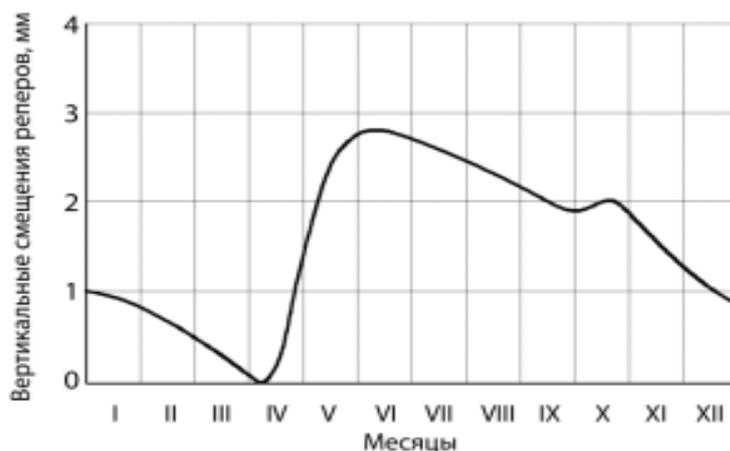


Рис. 1. График вертикальных смещений грунтового ( $h = 1,8$  м) репера в течение года

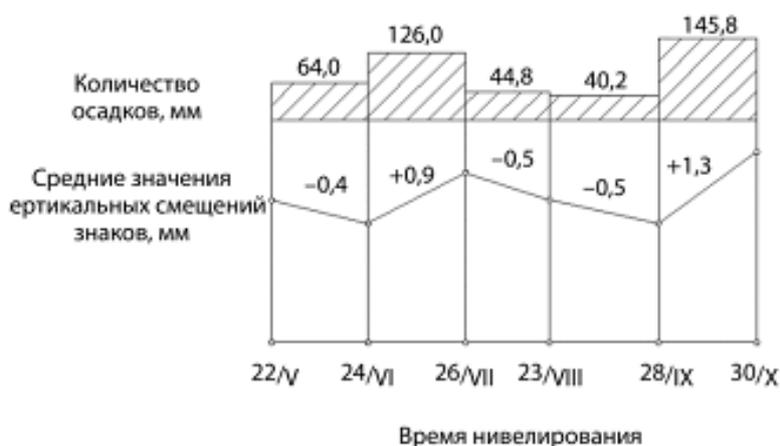


Рис. 2. График вертикальных смещений грунтовых реперов в зависимости от количества атмосферных осадков

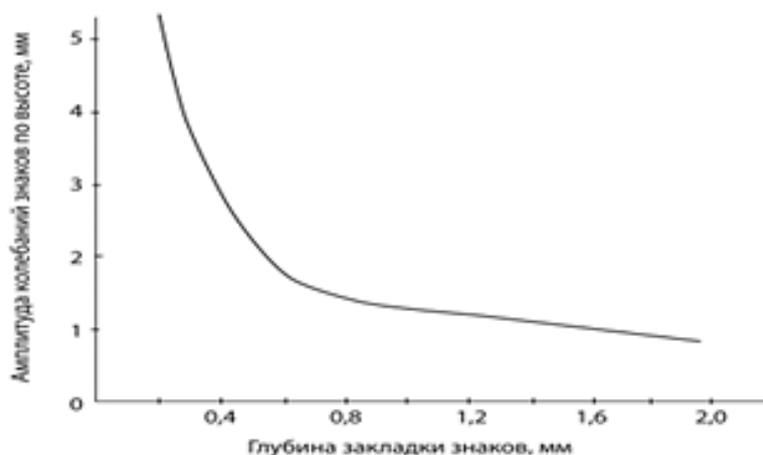


Рис. 3. График зависимости смещений геодезических знаков в зависимости от глубины их заложения

### Заключение

Для обеспечения устойчивости знаков глубина их заложения должна быть ниже границы сжимаемой толщи грунтов под сооружением. Средняя квадратическая погрешность определения деформаций реперов геодезической основы не должны превышать величин, установленных ГОСТ 24846-81 для I класса точности. В каждом цикле наблюдений необходимо выполнять измерения с целью выявления смещения реперов, при этом точность геодезической сети должна совпадать с требованиями таким образом, чтобы обеспечить обнаружение деформации конструкции в пределах допусков.

### Список литературы

1. Симонян В.В. Геодезический мониторинг зданий и сооружений как основа контроля за безопасностью при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений / В.В. Симонян, Н.А. Шмелин, А.К. Зайцев. Москва: НИУ МГСУ, 2015. 144 с.
2. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сети. Москва: Картгеоцентр. Геоиздат, 1993. 104 с.
3. Зайцев А.К. Геодезические методы исследования деформаций сооружений / А.К. Зайцев, С.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев [и др.]. Москва: Недра, 1991. 272 с.
4. Жуков Б.Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации / Б.Н. Жуков. Новосибирск: СГГА, 2004. 376 с.
5. Большаков В.Д. Геодезия. Изыскания и проектирование инженерных сооружений / В.Д. Большаков, Е.Б. Ключин, И.Ю. Васютинский. Москва: Недра, 1991. 238 с.
6. Левчук Г.П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. Москва: Недра, 1981. 438 с.
7. Маркузе Ю.И. Основы уравнительных вычислений / Ю.И. Маркузе. Москва: Недра, 1990. 240 с.
8. Маркузе Ю.И. Теория математической обработки геодезических измерений. Книга 2. Основы метода наименьших квадратов и уравнительных вычислений / Ю.И. Маркузе. Москва: МИИГАиК, 2005. 280 с.
9. Селиханович В.Г. Геодезия / В.Г. Селиханович. Москва: Недра. 1981. 544 с.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОГНЕВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Тамразян А.Г., Баряк Д.С.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет», г. Москва, Россия)

*В железобетонных конструкциях существующих зданий и сооружений при обследовании зачастую находят разного рода коррозионные повреждения. Обычно это связано с нарушением условий эксплуатации, ошибках при проектировании или механических повреждениях. Одним из частых случаев негативного влияния коррозии при огневом воздействии является трещинообразование в или полное скалывание защитного слоя арматуры, которые появляются при увеличении объема продуктов коррозии арматуры и снижении прочности на растяжение защитного слоя бетона. Для анализа последствий возникновения таких повреждений, было смоделировано несколько плоских схем железобетонного поперечного сечения для определения температурных изополей в зависимости от различных вариантов дефектов. Решение задачи температуропроводности было выполнено для одного образца поперечного сечения. При детальном анализе получены изополя прогрева железобетонного сечения и арматуры для разного рода трещин и сколов.*

На данный момент при проектировании железобетонных зданий и сооружений расчеты конструкций на огнестойкость проводят по СТО 36554501-006 и СП 468.1325800. В них освещены основные положения по учету температурных воздействий на грани бетонных элементов и их влияние на прочность всей конструкции. При этом ни в каких нормативах не указано как на это влияет присутствующая в элементах коррозия. Причем учет коррозии просто уменьшением площади арматуры не является корректным, поскольку продукты коррозии также пагубно влияют на несущую способность. Например, уменьшается сцепление арматуры с бетоном, создается избыточное внутреннее давление на защитный слой бетона [1-3]. Также продукты коррозии обладают своими теплотехническими характеристиками. У корродированного бетона также изменяются теплотехнические показатели и снижается прочность [4-6]. Не учет этого влияния может привести к неправильному определению несущей способности элемента, а в следствии и к ее потере при возникновении пожара [7].

В рамках проработки алгоритмов аналитического расчета несущей способности коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при огневом воздействии были получены зависимости прогрева железобетонного сечения от угла откалывания защитного слоя бетона.

Для исследования подготовлен план натурных испытаний – определены габариты, материалы, конструктивное решение опытных образцов, а также намечен план по проведению эксперимента:

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

- железобетонная колонна сечением  $150 \times 150$  мм, высота 1200 мм – 12 шт.  
Продольная арматура  $4\Phi 12$  A500С, поперечная арматура  $\Phi 6$  A240 с шагом 200 мм. Класс бетона В15;

- 1 этап – корродированные железобетонные колонны методом ускоренной коррозии;

- 2 этап – испытания в огневой камере (стандартный пожар);

- 3 этап – испытание вертикальной центрально-приложенной статической нагрузкой;

- 4 этап – испытание вертикальной внецентренно-приложенной статической нагрузкой.

Схема образца представлена на рис. 1.

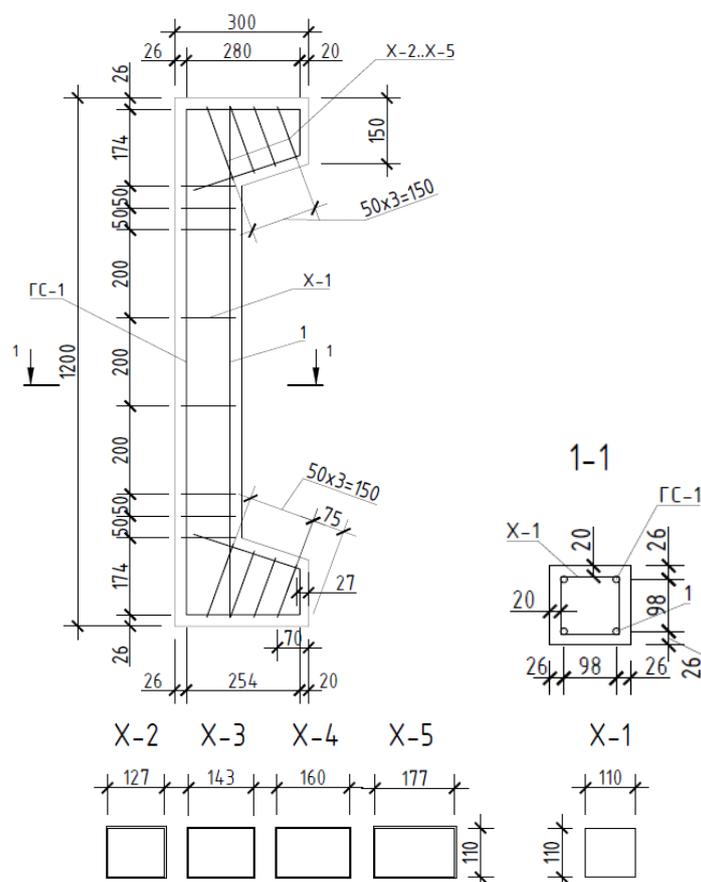


Рис. 1. Схема армирования экспериментального образца

В рамках эксперимента предполагается также проследить влияние процента коррозии на несущую способность стойки. Для этого образцы разделены следующим образом: 2 образца эталона – один без огневого воздействия, другой после нагрева в печи; 2 образца с 20 % коррозии под центральную нагрузку после огневого воздействия, 2 образца с 20 % коррозии под внецентренно приложенную нагрузку после огневого воздействия и 2 образца с 30 % коррозии под внецентренно приложенную нагрузку после огневого воздействия.

Локальному корродированию подвергнутся стержни в центральной части колонны, поскольку на оставшейся длине необходимо сохранить анкеровку

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

арматуры в бетоне вблизи опор, для корректной работы образца под нагрузкой.

Для фиксирования температуры нагрева сечения стойки, в образцы будут заложены по 3 термопары (термические преобразователи): 1 в центр, 1 в угол рядом с арматурой и 1 по середине грани. Испытания будут проводиться в огневой печи при стандартном пожаре.

После корродирования образца и его нагрева в печи каждый образец нагружается согласно принятой для него схемы до разрушения. По результатам строится диаграмма нагрузка-перемещение.

Предполагается пронаблюдать механизм откалывания защитного слоя железобетонного сечения, а также сравнить изополя прогрева сечения с полученными аналитическим расчетом. На основе эксперимента необходимо вычислить коэффициент конвективного теплообмена, для включения в дальнейшие расчеты.

Согласно исследованиям, от давления продуктов коррозии арматурного стержня, предполагается определенное направление развития внутренних трещин [8]. Однако характер разрушения не учитывает давление пара от нагревающейся в процессе огневого воздействия не связной воды в порах бетона. Для исследования было смоделировано несколько возможных случаев откалывания защитного слоя экспериментальных образцов или иначе – оголения арматуры. Моделирование проводилось в программном комплексе Лира САПР. Расчетная схема и заданные параметры для расчета указаны на рис. 2.

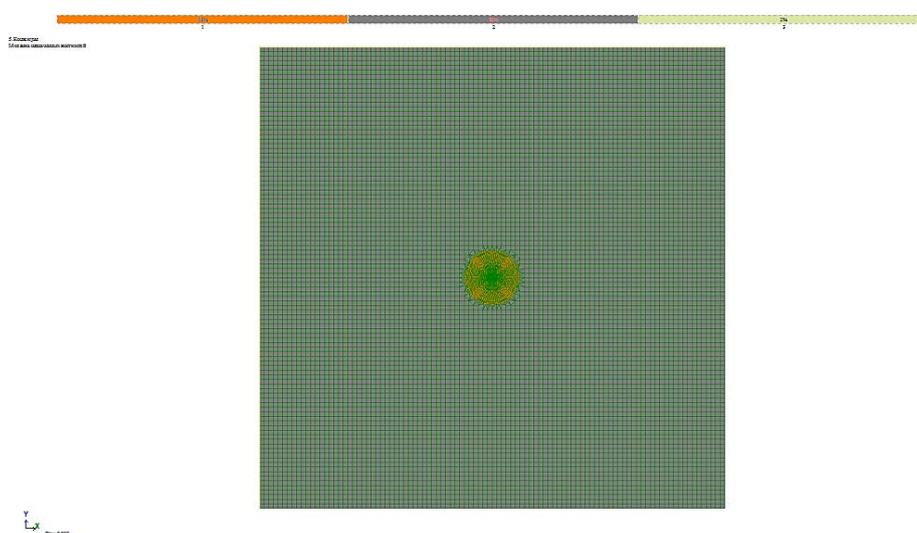


Рис. 2. Общий вид фрагмента сечения. Назначенные жесткости

Для задания характеристик материалов арматуры и бетона использовались КЭ 1508, 1509. Для арматуры заданы коэффициент теплопроводности  $46 \text{ Дж}/(\text{м}\cdot\text{с}^2\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплоемкость  $482 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ . Для бетона заданы коэффициент теплопроводности  $0,8 \text{ Дж}/(\text{м}\cdot\text{с}^2\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплоемкость  $880 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ . Для учета конвективного теплообмена заданы двухузловые КЭ 1555. Коэффициент конвективного теплообмена принят  $23 \text{ Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$ .

Температура на наружной поверхности устанавливается следующей зависимостью:

$$T = 345 \cdot \log(8t + 1) + t_n, \quad (1)$$

где  $t$  – время прогрева в секундах,  $t_n$  – начальная температура

Шаг интегрирования 60 с, время интегрирования 18000 с.

Если для случая без сколов температура в стержне была равна 104 °С, то температура в этот же момент времени будет равна 293 °С. Также отдельно было проанализировано распределение температуры по сечению стержня с и без учета наличия продуктов коррозии. В результате анализа был сделан вывод, что наличием продуктов коррозии по периметру арматурного стержня, а также распределением температуры по его сечению можно пренебречь. Разница температуры в диаметрально противоположных точках стержня составила около 3 °С. Изополя распределения температуры по сечению на примере случая со сколом 90° приведен на рис. 3.

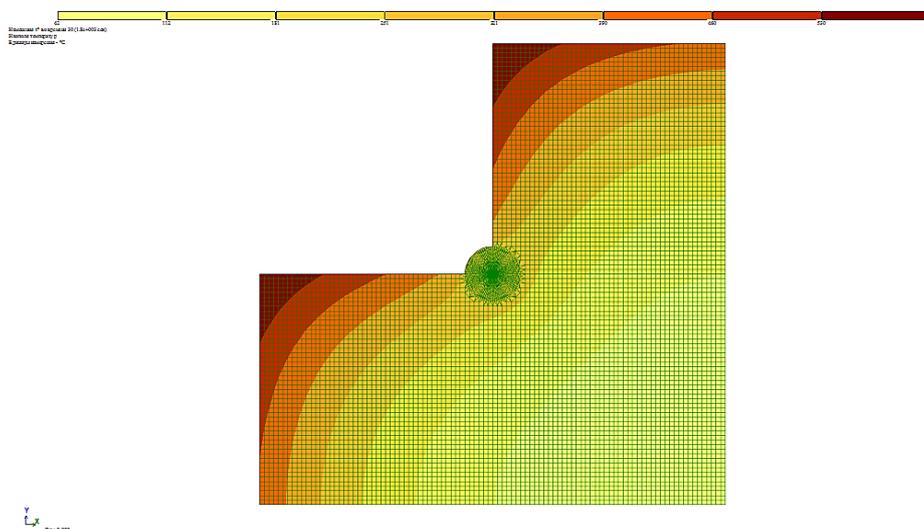


Рис. 3. Изополя распределения температуры по сечению с наличием скола 90° в момент времени 30 мин

Итоговое распределение температуры в арматурном стержне для различных углов скалывания защитного слоя бетона в разные моменты времени показано на рис. 4.

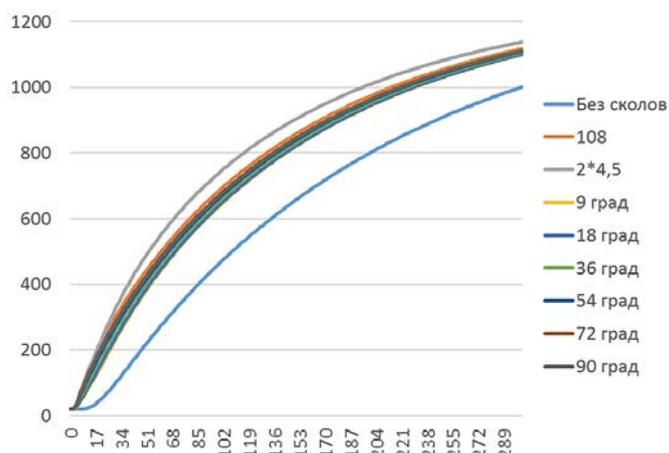


Рис. 4. График изменения температур в зависимости от угла скола защитного слоя бетона

Заключение

Для оценки фактической огнестойкости зданий и сооружений, находящихся, необходимо уточнять изменившиеся геометрические, прочностные и жесткостные характеристики здания за счёт повышения температуры. Наиболее точные результаты при проведении поверочных расчётов могут дать экспериментальные методы исследования поврежденных несущих конструкций.

Список литературы

1. Смоляго Г.А. Исследование аспектов хлоридной коррозии железобетонных конструкций / Г.А. Смоляго, А.А. Крючков, С.В. Дрокин [и др.] // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 22-24.
2. Lushnikova V.Y. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete / V.Y. Lushnikova, A.G. Tamrazyan // Magazine of Civil Engineering. 2018. Vol. 4 (80). Pp. 128-137.
3. Тамразян А.Г., Мацевич Т.А. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой / А.Г. Тамразян, Т.А. Мацевич // Строительство и реконструкция. 2022. № 1 (99). С. 89-98.
4. Данилов Р.А. Современные подходы к исследованию утраты огнестойкости эксплуатируемых железобетонных конструкций / Р.А. Данилов // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 3 (44). С. 39-49.
5. Tamrazyan A.G. Fire resistance of reinforced concrete corrosion-damaged columns of the «standard» fire / A.G. Tamrazyan, M.S. Mineev, A. Urasheva // Key Engineering Materials. 2020. Vol. 828. Pp. 163-169.
6. Полевода И.И. Огнестойкость железобетонных колонн с конструктивной огнезащитой / И.И. Полевода, С.М. Жамойдик, Д.С. Нехань // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2022. № 2. С. 67-81.
7. Tamrazyan A. The Criteria for Assessing the Safety of Buildings with a Reinforced Concrete Frame during an Earthquake after a Fire / A. Tamrazyan, T. Matseevich // Buildings. 2022. Vol. 12. No. 10. Pp. 1662.
8. Мусин В.Г. Поведение железобетонных конструкций, подверженных коррозионному разрушению, в условиях высоких температур / В.Г. Мусин // Пожаровзрывобезопасность. 2003. № 3. С. 22-26.

## ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Тамразян А.Г., Геращенко В.С.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет», г. Москва, Россия)

*Высокопрочные бетоны (ВПБ) различных типов, благодаря повышенной прочности и долговечности все чаще находят применение в строительстве по сравнению бетонами нормальной прочности (НПБ). Конструктивные элементы, выполненные из ВПБ, используемые в зданиях и сооружениях, должны удовлетворять требованиям по огнестойкости, указанным в строительных нормах РФ. Ряд научных исследований указывает на то, что огнестойкость конструктивных элементов из ВПБ отличается от огнестойкости НПБ и что ВПБ не может продемонстрировать таких же эксплуатационных качеств как обычный бетон при огневом воздействии. В этой статье описываются ключевые параметры, влияющие на эксплуатационные качества ВПБ при огневом воздействии.*

Бетон находит широкое применение при строительстве зданий и сооружений благодаря многочисленным преимуществам, таким как долговечность, прочность, экономичность, универсальность, экологичность, водонепроницаемость и негорючесть, которыми бетон обладает по сравнению с другими строительными материалами. Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства<sup>8</sup>. Это один из самых серьезных рисков, возникающих в зданиях и сооружениях, поэтому к строительным конструкциям при проектировании предъявляют требования по огнестойкости. Огнестойкость – способность строительной конструкции сохранять несущие и ограждающие функции в условиях пожара<sup>9</sup>.

В настоящее время фактические пределы огнестойкости определяются или могут быть обоснованы тремя способами: справочные данные, огневые испытания и расчётное обоснование. Эти способы основаны на стандартных огневых испытаниях<sup>10</sup> и часто не отражают реальные характеристики огнестойкости элементов конструкций.

Справочные данные являются результатом агрегации огневых испытаний. Собирается массив из результатов огневых испытаний, систематизируется,

---

<sup>8</sup> Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 29.12.2022) «О пожарной безопасности».

<sup>9</sup> СП 468.1325800.2019 Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности. Москва, 2020.

<sup>10</sup> ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. Москва, 1994.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

определяются зависимости, которые позволяют путем интерполяции между двумя аналогичными конструкциями определить огнестойкость для конструкции со средними параметрами. Такой подход учитывает лишь ограниченное число параметров необходимых для оценки огнестойкости зданий и сооружений и не способствует развитию строительных конструкций из инновационных материалов.

Огневые испытания проводятся по ГОСТ 30247.0-94. Обязательными условиями испытаний является то, что они должны испытываться в том напряженно-деформированном состоянии (НДС), в котором они будут работать в здании или сооружении. В огневой камере помимо нагружения создается стандартное температурное воздействие, представленное на рис. 1. Помимо НДС необходимо соблюсти правильный обогрев конструкции чтобы результаты испытаний были достоверными. После начала огневого воздействия с учетом стандартного режима пожара засекается время и фиксируется момент наступления одного из предельных состояний.

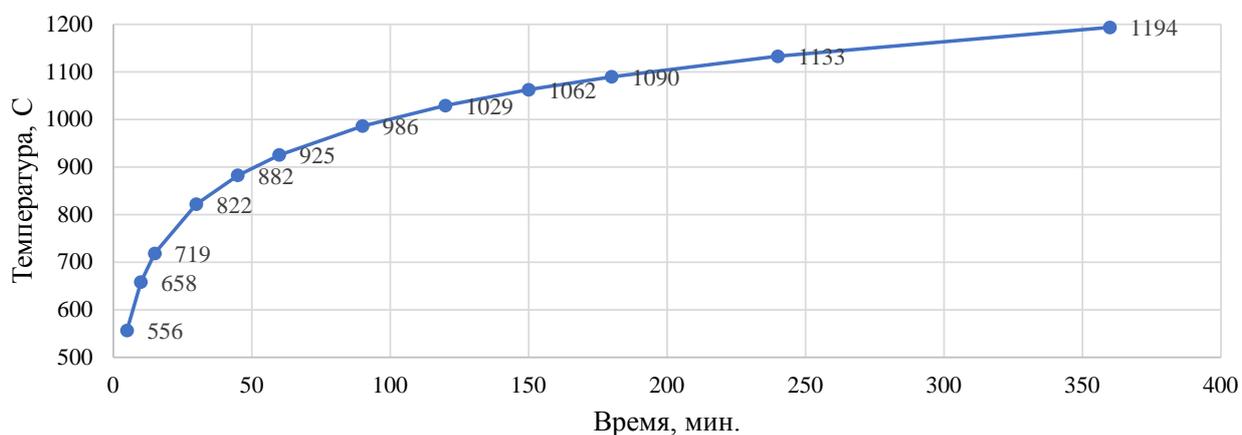


Рис. 1. Стандартное огневое воздействие

Расчётное обоснование основывается на решении теплофизической задачи и на решении прочностной задачи огнестойкости. Расчётные методы оценки огнестойкости для бетонных и железобетонных конструкций, представлены в различных нормативных документах [1, 2]. Эти методы основаны на анализе прочности поперечного сечения, где используют коэффициенты снижения прочности материала при заданном времени огневого воздействия. Когда несущей способности недостаточно для восприятия внутренних усилий, считается, что произошло разрушение.

Однако следует отметить, что методы оценки огнестойкости в действующих нормах и правилах не полностью учитывают реальные условия пожара, действующие нагрузки, а также отколы и различные виды разрушения, с которыми сталкиваются элементы строительных конструкций в условиях реального пожара [3, 4]. Многие из этих недостатков могут быть преодолены за счет применения компенсирующих мероприятий, основанных на эксплуатационных качествах применяемого материала.

За последние десятилетия проводились значительные исследования и разработки в области улучшения свойств бетонов. Это привело к появлению высокопрочных бетонов. Эти бетоны характеризуются повышенной прочностью, низкой проницаемостью и, следовательно, улучшенными свойствами долговечности. Обычно бетон с прочностью на сжатие до 70 МПа относят к НПБ, а бетон с прочностью на сжатие свыше 70 МПа классифицируют как ВПБ. Такое свойство бетона, как высокая прочность на сжатие, привело к более широкому использованию колонн из ВПБ в зданиях и сооружениях.

Существующие методы оценки огнестойкости не могут напрямую применяться для этих новых типов бетона из-за таких проблем как быстрая деградация прочности и возникновение отколов. По этой причине огнестойкость конструкций из ВПБ в современных зданиях может значительно отличаться и быть ниже, чем у конструкций из обычного бетона. Также в настоящее время отсутствуют данные о высокотемпературных свойствах различных типов ВПБ, а также отсутствует методика расчета, учитывающая влияние различных параметров, на огнестойкость железобетонных колонн.

**Характеристики ВПБ при огневом воздействии.** Различные исследования [3, 4] выявили два основных отличия в поведении ВПБ при высоких температурах от НПБ, а именно: потеря прочности ВПБ при повышенных температурах более выражена и восприимчивость ВПБ к взрывному отколу даже при температурах ниже 400°C. За исключением этих двух моментов, считается, что ВПБ можно рассматривать как обычный НПБ при оценке огнестойкости.

Обзор литературы [1, 2, 6] показывает, что потеря прочности на сжатие в зависимости от температуры выше для НПБ, чем для ВПБ примерно до 450 °С. На рис. 2-3 представлена относительная прочность НПБ на сжатие в зависимости от температуры.

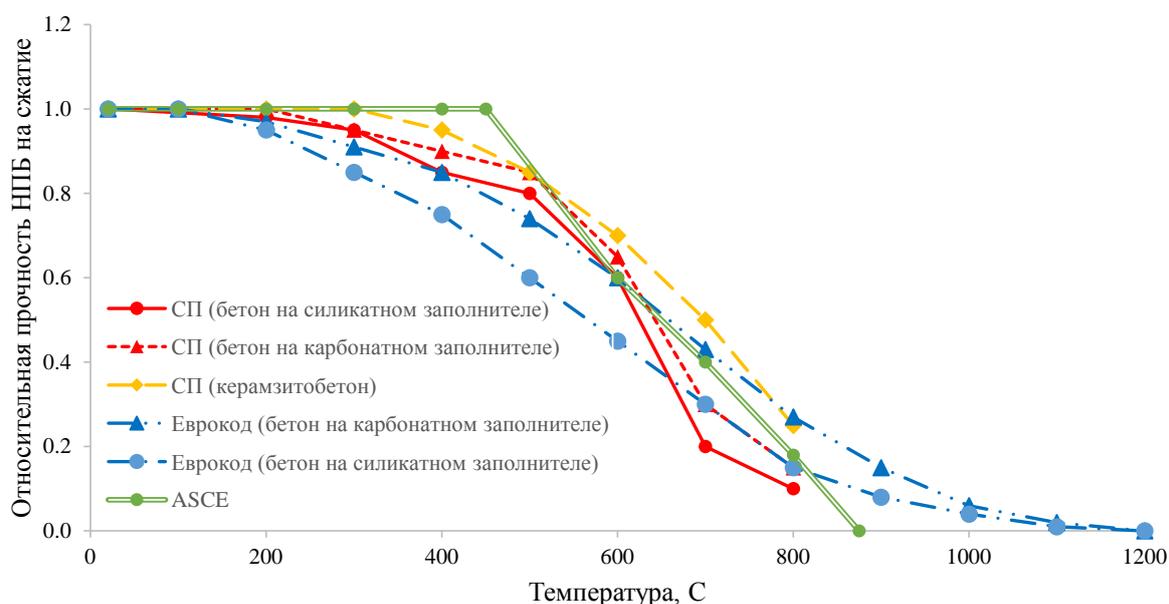


Рис. 2. Относительная прочность НПБ на сжатие в зависимости от температуры

Хотя вызванное огнем растрескивание может произойти в любом типе бетона, ВПБ более восприимчив к нему, чем НПБ, из-за низкой проницаемости. В ряде наблюдений за испытаниями образцов из ВПБ было обнаружено, что откалывание часто носит взрывной характер [7-10]. Кроме того, в литературе сообщается, что растрескивание ВПБ может происходить на ранних стадиях пожара. Такое раннее и взрывоопасное растрескивание вызывает серьезную озабоченность, поскольку может поставить под угрозу безопасные условия для эвакуации людей и создать опасность для пожарных. Таким образом, растрескивание является одной из основных проблем при использовании ВПБ и должно быть должным образом учтено при оценке огнестойкости конструкций из ВПБ.

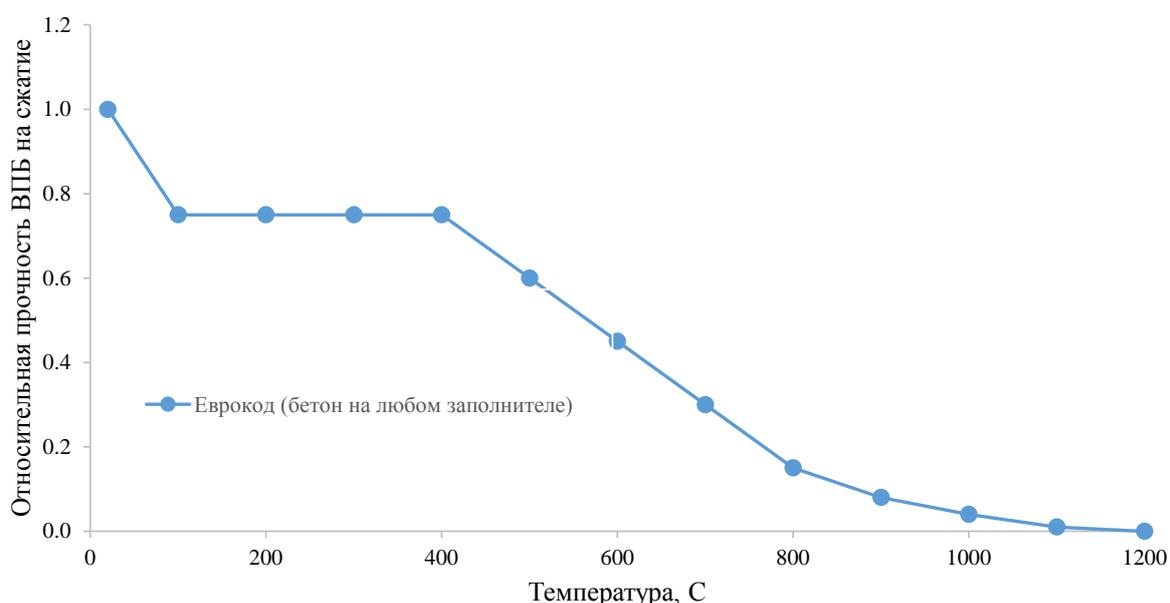


Рис. 3. Относительная прочность ВПБ на сжатие в зависимости от температуры

**Параметры, влияющие на огнестойкость ВПБ.** За последние десятилетия был проведен ряд испытаний свойств материалов ВПБ, а также экспериментов по огнестойкости элементов конструкций из ВПБ для оценки характеристик элементов ВПБ в условиях пожара [10-12]. Данные, полученные в результате огневых испытаний, были использованы для проверки численных моделей, разработанных для оценки огнестойкости элементов из ВПБ при различных конфигурациях. Утвержденные модели были использованы для проведения ряда параметрических исследований, чтобы количественно определить влияние критических факторов на реакцию на огневое воздействие элементов конструкции из ВПБ.

Результаты различных исследований ясно показывают, что огнестойкость ВПБ в целом и отколов в частности является сложной и зависит от ряда факторов [8, 13]. Данные предыдущих экспериментальных и аналитических исследований могут быть использованы для определения параметров, влияющих на огнестойкость бетонных и железобетонных конструкций [14]. Здесь кратко

рассмотрены ключевые факторы, влияющие на огнестойкость железобетонных конструкций.

**Прочность бетона.** Прочность бетона может оказывать значительное влияние на огнестойкость бетонных конструкций. Повышение прочности бетона обычно достигается добавлением в смесь дополнительных добавок. Чем выше содержание улучшающих добавок, тем ниже проницаемость, что приводит к вероятному образованию трещин, вызванных огнем. Результаты испытаний показали, что бетоны с прочностью выше 70 МПа демонстрируют более быструю деградацию прочности и уязвимы к вызванному огнем растрескиванию из-за значительного уменьшения поровых пустот. Эти факторы обуславливают более низкую огнестойкость конструкций из ВПБ по сравнению с аналогичными конструкциями, изготовленными из НПБ.

**Влажность бетона.** Железобетонные конструкции, выполненные из ВПБ, могут сохранять высокую влажность в течение длительного времени из-за низкой проницаемости. Испытания на огнестойкость полномасштабных колонн из ВПБ показали, что значительное отслаивание происходит при относительной влажности выше 80 %.

**Плотность бетона.** Влияние плотности бетона на огнестойкость было изучено в ходе огневых испытаний колонн и плит из обычного и легкого бетонов [11]. При использовании легкого заполнителя откалывание в бетонных конструкциях было значительно выше. Это может быть частично объяснено более высоким содержанием свободной влаги в легком заполнителе, которая создает более высокую степень парообразования при сильном огневом воздействии. Кроме того, механические свойства легкого бетона меняются в зависимости от температуры иначе, чем у бетона нормальной плотности. Таким образом, плотность бетона может оказывать влияние на огнестойкость бетонных конструкций и должны учитываться при оценке огнестойкости.

**Интенсивность огневого воздействия.** Интенсивность огневого воздействия влияет на степень растрескивания и, таким образом, может косвенно влиять на огнестойкость бетонных конструкций. Таким образом, более высокая скорость нагрева или более высокая интенсивность пожара значительно снижают огнестойкость конструкций из ВПБ.

**Армирование волокнами.** Присутствие стальных или полипропиленовых волокон в бетонной смеси минимизирует степень вызванного огнем растрескивания и тем самым повышает огнестойкость любого бетона [15]. Результаты экспериментальных исследований показывают, что добавление полипропиленовых волокон (около 0,1-0,15 % по объему) в бетон минимизирует отколы в конструкциях из ВПБ в условиях пожара и тем самым повышает их огнестойкость. Полипропиленовые волокна плавятся при 160-170 °С и создают поры в бетоне, которые помогают рассеивать поровое давление в бетоне, вызванное температурой.

Кроме того, стальные волокна в бетоне могут минимизировать

растрескивание и повысить огнестойкость конструкций из ВПБ. Добавление стальных волокон в бетон повышает прочность бетона на растяжение, а также замедляет снижение прочности при изменении температуры. Увеличение прочности на растяжение помогает преодолеть температурные растягивающие напряжения, возникающие под действием порового давления, и таким образом, минимизирует возникновение отколов.

**Интенсивность и тип нагрузки.** Нагрузка и ее интенсивность оказывают значительное влияние на трещинообразование и, как следствие, на огнестойкость. Более высокая интенсивность нагрузки приводит к снижению огнестойкости [11]. Этот эффект более выражен в конструкциях из ВПБ, поскольку потеря прочности под воздействием температуры для ВПБ ниже, чем для НПБ. Нагруженный элемент конструкции из ВПБ подвержен большему разрушению под воздействием огня, чем ненагруженный элемент. Это происходит из-за того, что в нагруженном элементе возникают дополнительные растягивающие напряжения, связанные с внешней нагрузкой в дополнении к поровому давлению.

**Тип заполнителя.** Из двух широко используемых заполнителей карбонатный заполнитель обеспечивает более высокую огнестойкость бетонных конструкций, чем силикатный заполнитель. В целом, огнестойкость бетона, изготовленного на карбонатном заполнителе, примерно на 10 % выше, чем бетона, изготовленного на силикатном заполнителе [1, 2]. Эта тенденция применима как для ВПБ, так и для НПБ.

**Размеры и форма поперечного сечения.** На огнестойкость железобетонных колонн влияет форма поперечного сечения. Железобетонная колонна круглого сечения будет иметь более высокую огнестойкость, чем железобетонная колонна квадратного или прямоугольного сечения с эквивалентной площадью поперечного сечения. Более низкая огнестойкость квадратных или прямоугольных колонн обусловлена краевым эффектом (повышенный нагрев на углах).

**Продольное армирование.** Преднапряженные железобетонные конструкции обладают меньшей огнестойкостью. Это связано с тем, что при воздействии повышенных температур преднапряженный арматурный стержень теряет несущую способность быстрее, чем арматурный стержень без предварительного напряжения.

**Поперечное армирование.** Результаты исследований огнестойкости колонн наглядно показывают, что конфигурация хомутов и шаг их размещения оказывает влияние на огнестойкость колонн из ВПБ. Более высокая огнестойкость колонн из ВПБ может быть достигнута за счет улучшенной конфигурации хомутов (обеспечение анкеровки хомутов под углом в сердцевину колонны) и уменьшения шага поперечного армирования. На рис. 4 показана обычная и модифицированная конфигурация хомутов для колонн из ВПБ. Модифицированные хомуты минимизируют трещинообразование в колоннах

вызванного огневым воздействием.

Повышенная огнестойкость и уменьшение трещинообразования в основном обусловлены тем, что хомуты удерживают продольную арматуру в условиях огневого воздействия, это возможно благодаря более низкой температуре, развивающейся в анкеровке хомутов (поскольку анкеровка крюков хомутов находится в сердцевине колонны, которая менее нагрета), и поэтому хомуты сохраняют более высокие прочностные и жесткостные характеристики в течение более длительного огневого воздействия. Этот вариант компоновки помогает минимизировать деформации продольных стержней, что, в свою очередь, уменьшает деформации, возникающие в бетоне.

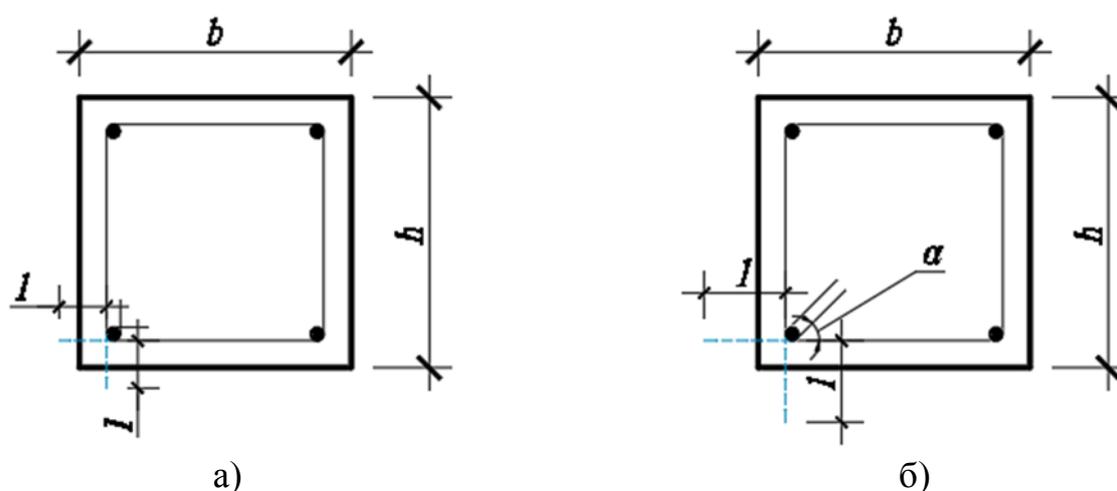


Рис. 4. Обычная (а) и модифицированная (б) конфигурация хомутов для колонн

### Заключение

ВПБ – высокоэффективный материал, обладающий рядом преимуществ по сравнению с НПБ. Однако существуют серьезные опасения по поводу возникновения вызванного огнем откалывания и более низкой прочностью на сжатие ВПБ при огневом воздействии. Характеристики пожара, свойства бетонной смеси и конструктивные особенности влияют на огнестойкость конструктивных элементов из ВПБ. Принятие компенсирующих мероприятий: армирование волокнами, использование модифицированной конфигурации хомутов, применение карбонатного заполнителя – позволяет, в значительной степени, минимизировать растрескивание в элементах из ВПБ и повысить их огнестойкость.

### Список литературы

1. ASCE «Structural Fire Protection: Manual of Practice». No. 78. American Society of Civil Engineers. New York 1993. P. 30.
2. EN 1992-1-2:2004. Design of concrete structures, part 1-2: general rules-

structural fire design. Brussels, 2023. P. 24.

3. George S. Structural performance of reinforced concrete flat plate buildings subjected to fire / S. George, Y. Tian // International Journal of Concrete Structures and Materials. 2012. Vol. 6 (2). Pp. 111-121.

4. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций / А.Г. Тамразян // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5-18.

5. Phan L.T. Code provisions for high strength concrete strength- temperature relationship at elevated temperatures / L.T. Phan, N.J. Carino // Mater. Struct. 2003. Pp. 91-98.

6. ACI 216.1-14:2014. Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies. P. 14.

7. Klingsch E.W. Explosive spalling of concrete in Fire / E.W. Klingsch // IBK Bericht. 2014. Vol. 356. Pp. 17-39.

8. Hertz K.D. Limits of spalling of fire-exposed concrete / K.D. Hertz // Fire Safety Journal. 2003. Vol. 38 (2). Pp. 103-116.

9. Amran M. Fire spalling behavior of high-strength concrete: a critical review / M. Amran, S.-S. Huang, A.M. Onaizi [et al.] // Construction and Building Materials/ 2022. Pp. 7-16.

10. Тамразян А.Г. Экспериментальные исследования внецентренно сжатых железобетонных элементов при кратковременных динамических нагружениях в условиях огневых воздействий / А.Г. Тамразян, Л.А. Аветисян // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 24-28.

11. Ali F. Outcomes of a major research on fire resistance of concrete columns / F. Ali, A. Nadjai, G. Silcock [et al.] // Fire Safety Journal. 2004. Vol. 39 (6). Pp. 433-445.

12. Tamrazyan A.G. Behavior of compressed reinforced concrete columns under thermodynamic influences taking into account increased concrete deformability / A.G. Tamrazyan, L.A. Avetisyan // Materials Science and Engineering. 21, Construction – The Formation of Living Environment. 2018. Pp. 052034.33

13. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий / А.Г. Тамразян // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.

14. Kodur V.K.R. Effect of temperature on thermal properties of different types of high-strength concrete / V.K.R. Kodur, W. Khaliq // Journal of Materials in Civil Engineering. 2011. Vol. 23 (6). Pp. 793-801.

15. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий / А.Г. Тамразян // Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.

## ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Тамразян А.Г., Ованесов Ю.Г.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия)

*Работа посвящена изучению влияния коррозии на усталостную прочность железобетонных балок. Коррозия является одной из основных причин разрушения железобетонных конструкций, и ее воздействие может существенно снизить усталостную прочность. Приводятся результаты анализа механизмов разрушения железобетонных балок под воздействием коррозии и исследования, которые показывают зависимость между усталостной прочностью, уровнем коррозии и циклическими нагрузками. Данное исследование имеет большое значение, так как оно помогает разрабатывать новые подходы к оценке и прогнозированию состояния усталостной прочности железобетонных конструкций в условиях коррозии, что необходимо для обеспечения их длительной эксплуатации.*

Коррозия в железобетонных конструкциях может изменить характеристики материалов, влиять на расчеты и распределение нагрузок, нарушить взаимодействие бетона и арматуры, что приведет к ухудшению их эксплуатационных показателей. Одним из серьезных последствий коррозии в железобетоне является потеря несущей способности конструкции и снижение ее надежности.

Коррозия – один из частых механизмов деградации арматуры [1] с которыми сталкиваются железобетонные балки. Попадание в щелочную среду бетона агрессивных сред и нарушение условий эксплуатации может привести к коррозии арматуры. Однако процесс коррозии не происходит без нарушения условий эксплуатации, воздействия агрессивных сред, а также из-за ошибок при проектировании и изготовлении конструкций. Эти факторы могут привести к значительному сокращению срока службы конструкций.

Научно доказано, что одним из наиболее опасных видов коррозии для арматуры является хлоридная коррозия (рис. 1). При определенной концентрации хлоридов бетон лишается своих защитных свойств относительно арматуры, что способствует развитию коррозии локально и в глубине стержня. Это ведет к значительным потерям в сечении арматуры, зачастую не сопровождаемым видимыми повреждениями на поверхности бетона [2].

Коррозия из-за хлоридов часто встречается в балках парковок, мостов, а также в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивной промышленной среде с содержанием хлоридов или подверженных воздействию хлоридов из атмосферы.

Экспериментальное исследование в ПК АРБАТ наглядно отразило влияние

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

коррозии на несущую способность балки [3]. Проведенные расчеты показали, что при наличии коррозии коэффициент использования равен 1,151, что превышает допустимое значение (0,939) для бездефектного состояния конструкции. Такое превышение может привести к потере несущей способности балки и недопустимым последствиям для работы конструкции.



Рис. 1. Хлоридная коррозия

Для наглядного изучения воздействия коррозии на железобетонные конструкции исследователями было предложено снизить модуль упругости с  $E_b$  в области растяжения, где повреждения от коррозии отсутствуют, до  $0,08 E_b$  в зоне сжатия, которая полностью подвержена коррозии [4] (рис. 2).

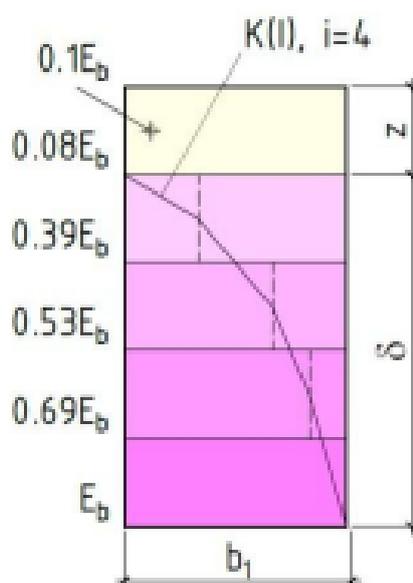


Рис. 2. Изменение модулей упругости на коррозионно-поврежденной балки

Так мы можем отследить и проанализировать поведение коррозии на различных участках конструкции. Но как будет вести себя конструкция, подверженная коррозии, при знакопеременных многоцикловых нагрузках? Этот вопрос остается актуальным до сих пор.

Циклические нагрузки могут оказывать значительное воздействие на долговечность конструкций, так как напряжения в них изменяются быстро и могут даже менять знак, что в определенных условиях приводит к потере несущей способности. Наиболее наглядно можно изучить влияние таких нагрузок на конструкцию с использованием расчетной модели, которая учитывает фактическую деформацию бетона и арматуры [5].

Под воздействием циклических нагрузок материал может постепенно деформироваться, даже если каждая отдельная нагрузка ниже предела прочности. Это может привести к снижению жесткости и образованию микротрещин в материале, которые со временем могут привести к росту трещин и, в конечном итоге, к разрушению конструкции [6].

При циклическом нагружении бетона его прочность может изменяться. Для описания этой зависимости предлагается использовать линейную функцию, заданную в полулогарифмических координатах  $R_{b, \text{пер}} - \lg N$ . Здесь  $R_{b, \text{пер}}$  – абсолютный предел выносливости бетона после  $2 \cdot 10^6$  циклов, причем  $R_{b, \text{пер}} = 0,5 R_b$ , а  $N$  – число циклов нагружения. На графике отображается напряжение  $\sigma_b$  в каждом цикле (рис. 3) [7].

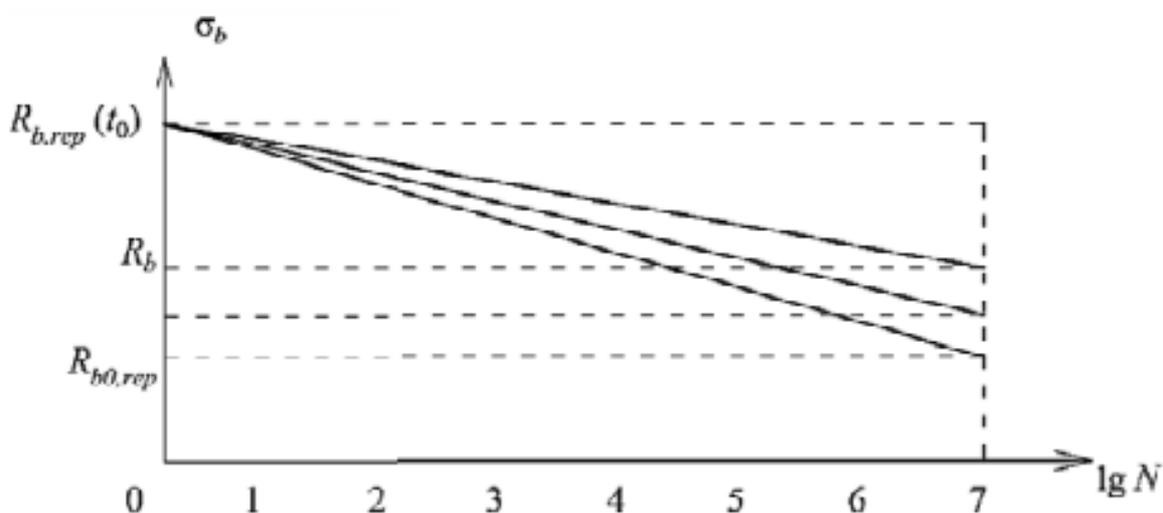


Рис. 3. Графики выносливости бетона в координатах  $\sigma - \lg N$

Начальная точка – прочность бетона при мгновенном нагружении с темпом применения циклической нагрузки. С увеличением частоты нагружения повышается прочность при однократном воздействии нагрузки. Конечная точка – предел выносливости бетона после  $2 \cdot 10^6$  циклов.

Также в [8] был проведен численный эксперимент по вероятностному прогнозу изменения прочности балок различного уровня армирования после

циклических воздействий. Для проведения эксперимента использовались призматические образцы из бетона. Они были подвергнуты нагрузке с помощью комплекса Instron 5989, который автоматически нагружал образцы с постоянной скоростью деформирования. Весь процесс нагружения был непрерывно записан, что позволило контролировать параметры во всех направлениях. Результаты получены для балок с различным уровнем одностороннего армирования. Данный эксперимент позволил прогнозировать усталостные последствия нестационарных воздействий умеренной амплитуды и частоты

Исследование усталостной прочности и напряженно-деформированного состояния железобетонных балок при циклических нагрузках направлено на оценку выносливости и деформативности материалов, а также на учет условий их взаимодействия в конструкции, параметров нагрузки и режимов эксплуатации.

Из-за отсутствия общепринятой теории по усталостному сопротивлению железобетонных балок к поперечным силам, исследователи пытались адаптировать различные методы расчета для оценки выносливости железобетонных конструкций под воздействием поперечных сил. Эти методы включали в себя применение физических моделей, отражающих реальное поведение конструкций в зоне воздействия поперечных сил, а также учет снижения прочности при циклических нагрузках с помощью введения коэффициентов условий работы бетона и арматуры  $\gamma_{b1}$ ,  $\gamma_{s3}$ ,  $\gamma_{s4}$  и других эмпирических коэффициентов.

Связь между коррозией и усталостной прочностью балок заключается в том, что коррозия способна уменьшить структурную целостность материала балки, что может ускорить процессы усталости и привести к его неожиданному разрушению при циклических нагрузках.

В отечественных строительных нормах детально описываются аспекты проектирования и расчета конструкций без последствий коррозии. Однако конкретных требований или рекомендаций, учитывающих наличие коррозионных повреждений на бетоне и арматуре, а также их влияние на прочность, деформируемость и устойчивость конструкций к знакопеременным циклам нагрузок, не существует, что не дает полноценной картины работы конструкции.

### Заключение

Исследование взаимосвязи между коррозией и усталостной прочностью железобетонных конструкций позволяет выявить значительное влияние коррозии на долговечность и надежность сооружений. Коррозия арматуры внутри балок не только вызывает разрушение защитного слоя бетона, но и образует внутренние напряжения, которые усиливаются под воздействием циклических нагрузок.

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

Продолжительный процесс коррозии, особенно в сочетании с динамическими или транспортными нагрузками, приводит к снижению усталостной прочности балки и ускоренному разрушению конструкции. Поэтому необходимо регулярно проводить мониторинг, обслуживание и ремонт железобетонных элементов для предотвращения последствий коррозии на их усталостную прочность.

Таким образом, понимание и контроль процессов коррозии в сочетании с усталостной прочностью являются критически важными аспектами для обеспечения долговечности и безопасности зданий и сооружений.

### Список литературы

1. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций / А.Г. Тамразян // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5-18.
2. Тамразян А.Г. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой / А.Г. Тамразян, Т.А. Мацеевич // Строительство и реконструкция. 2022. № 1 (99). С. 89-98.
3. Демин В.В. Оценка работоспособности железобетонных конструкций с учетом коррозионных повреждений / В.В. Демин, В.Г. Стародубцев // Аллея науки. 2021. Т. 1. № 2 (53). С. 567-571.
4. Курченко Н.С. К оценке жесткости коррозионно-повреждаемых железобетонных балок / Н.С. Курченко, В.А. Гришков // Инженерный вестник Дона. 2022. № 9. С. 1-12.
5. Мирсаяпов И.Т. К разработке научных основ теории выносливости железобетонных конструкций / И.Т. Мирсаяпов, А.Г. Тамразян // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 50-56.
6. Тамразян А.Г. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки / А.Г. Тамразян, Е.А. Филимонова // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.
7. Мирсаяпов И.Т. Инженерные методы расчета деформаций, модуля упругости и предела выносливости бетона при циклическом нагружении / И.Т. Мирсаяпов, Д.Р. Гарифуллин // Известия КазГАСУ. 2020. № 3 (53). С. 15-26.
8. Пинус Б.И. К вопросу контроля усталостных изменений прочности изгибаемых железобетонных элементов / Б.И. Пинус, И.Г. Корнеева // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 98-103.

## ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В РОССИИ

Филиппова И.В., Хропов К.А., Ильичев В.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Проанализирована эффективность внедрения применения BIM-технологий при проектировании зданий и сооружений в России.*

Современный этап развития информационных технологий в отечественном строительном комплексе характеризуется переходом от разработки чертежей в двумерном пространстве к информационному моделированию всего процесса строительства, что актуализирует использование BIM-технологий [1, 2].

BIM-технологии являются неотъемлемой частью современного проектирования и строительства. При расчёте конструкций они способны значительно упростить и ускорить процесс проектирования, а также повысить его качество.

Одной из основных особенностей использования BIM-технологий является возможность создания трёхмерной модели здания. Это позволяет не только наглядно представить конструкцию в целом, но и провести детальный анализ каждого элемента, выявить потенциальные проблемы и оптимизировать конструкцию. Кроме того, благодаря BIM-технологиям можно автоматизировать расчёты нагрузок, опираться на актуальные нормативные документы и стандарты, а также проводить виртуальное тестирование конструкции на прочность и устойчивость.

Таким образом, использование BIM-технологий при расчёте строительных конструкций не только улучшает качество проектирования, но и экономит время и ресурсы на всех этапах строительства. Они делают процесс проектирования более эффективным, прозрачным и надёжным.

Однако внедрение BIM-технологий в России идет пока недостаточно интенсивно по нескольким основным причинам:

- высокая стоимость первоначальных вложений, включая необходимость приобретения аппаратного и программного обеспечения, а также обучения персонала работе в соответствующей информационной среде;

- наблюдается дефицит кадров, имеющих достаточные знания и опыт работы в проектах с использованием технологий информационного моделирования;

- эффект сопротивления изменениям и приверженность привычным методам проектирования, планирования и управления инвестиционно-строительными проектами;

- одним из факторов, влияющих на отставание России в процессах внедрения BIM-технологий, является то, что большинство программных продуктов, поддерживающих BIM-процесс, являются зарубежными

## Секция 5. Строительные конструкции и строительная механика

разработками, требующими адаптации для использования в условиях российской нормативной базы. Адаптация проходит успешно, однако этот фактор остается значимым. Отечественные программные продукты пока не обладают необходимым функционалом и не конкурентоспособны с западными технологиями. Чаще всего при работе с 3D-моделью в России используют четыре типа ПО, что составляет порядка 70 % рынка: AutoCAD, ArchiCAD, Autodesk Revit, Autodesk 3ds Max. Остальные программы занимают незначительную долю рынка (рис. 1).

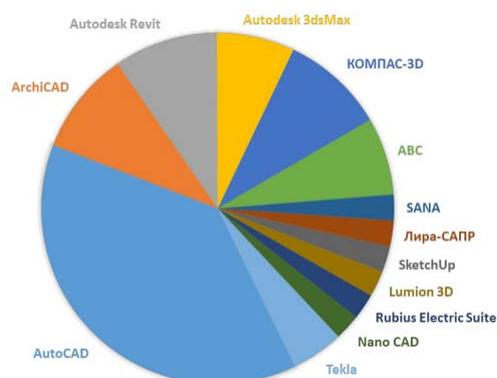


Рис. 1. Используемое программное обеспечение (ПО) в BIM-моделировании

Внедрение информационного моделирования в России происходит постепенно, так 5 марта 2021 года было принято постановление № 331, обязывающее с первого января 2022 года применять BIM на объектах госзаказов.

В январе 2024 года был утвержден предварительный национальный стандарт для жилых зданий «Требования к цифровым информационным моделям», а с 1 июля 2024 года все новые проекты в жилищном строительстве будут обязаны реализовываться с BIM.

### Заключение

Внедрение BIM, с точки зрения организации и технологии строительства, позволяет упорядочить все производственные процессы, объединить информацию по проекту в единой системе с возможностью доступа к информации вне зависимости от месторасположения специалистов, упростить и автоматизировать процесс создания сопутствующей документации (ведомости, спецификации, табличные расчёты, графики, производственные планы), сократить сроки на поиск технических характеристик, благодаря подгруженным в ПО базам данных.

### Список литературы

1. Воропаев Л.Ю. Проблемы проектирования в BIM-среде / Л.Ю. Воропаев, В.П. Мамугина // Жилищное строительство. 2018. № 7. С. 27-31.
2. Данилина И.В. Применение BIM-технологий на стадии градостроительного проектирования / И.В. Данилина // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 9. С. 48-52.

## АНАЛИЗ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОСТРАНСТВЕННО- СТЕРЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Хропов К.А., Филиппова И.В., Ильичев В.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены результаты аналитического исследования, направленного на повышение эффективности применения узла в пространственных стержневых конструкциях.*

Узел, рассматриваемый в данной работе, спроектирован на основе соединения системы «МАрХИ». Основными недостатками для данного анализа узла системы «МАрХИ» являются: сложность монтажа, высокая точность изготовления базового элемента и большой вес соединителя. Из-за вынужденного использования большого количества соединителей в системе увеличивается вес всей конструкции, а также увеличиваются нагрузки на элементы.

Усовершенствованный узел соединения элементов состоит из фиксирующих элементов, вкладыша, жестко зафиксированного с присоединяемыми элементами при помощи сварки, и резьбового контактного элемента, один конец которого вставлен в центрированное отверстие вкладыша и закреплен в нем фиксирующими элементами.

Контактный элемент имеет плоскую расширенную головку на конце и фиксирующий элемент, который крепит контактный элемент с одной стороны несущего элемента. На несущем элементе выполнен поперечный паз, размеры которого соответствуют размерам расширенной головки. В паз вставлена расширенная головка, позволяющая закрепить в ней контактный элемент с другой стороны несущего элемента. Это позволяет, повернув контактный элемент на  $90^\circ$  и затянув крепежный элемент, закрепить контактный элемент в несущем [1, 2].

Для уменьшения массы узла базовый элемент исключен из конструкции, а его функции выполняет поперечный паз в одном из несущих элементов, в который вставлен контактный элемент (рис. 1, 2) с плоским уширением на конце.

На рис. 1 представлена принципиальная схема решения узлового соединения, на рис. 2 – соединение в зафиксированном положении. При этом приняты следующие обозначения:

- 1 – контактный элемент;
- 2 – вкладыш;
- 3 – фиксирующий элемент;
- 4 – шайба;
- 5 – присоединяемый элемент;
- 6 – несущий элемент.

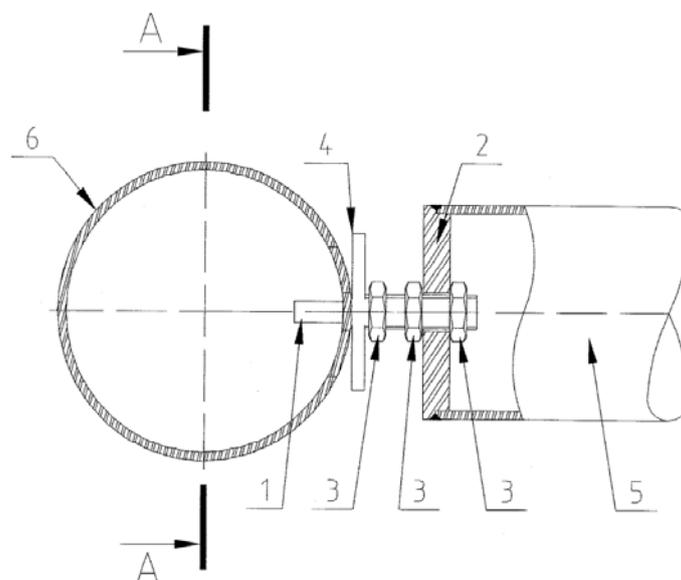


Рис. 1. Вид усовершенствованного узла

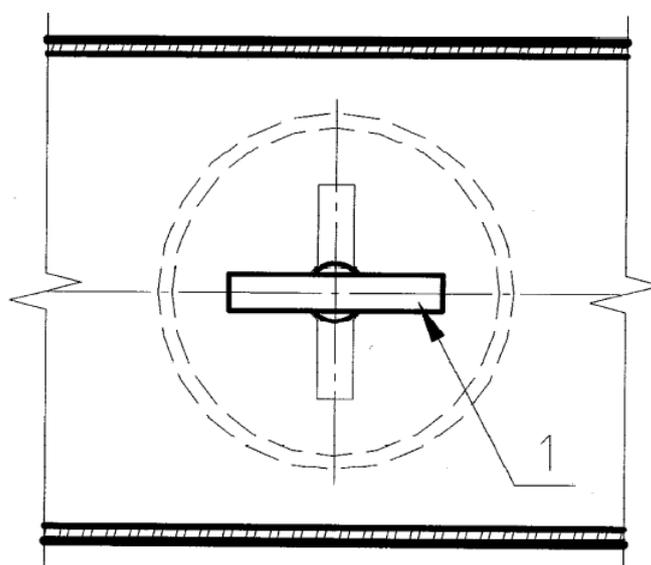


Рис. 2. Сечение А-А

### Заключение

В результате анализа усовершенствованного узла сопряжения конструкций выявлено, что снижение материалоемкости соединения, в сравнении с прототипом, уменьшение трудозатрат при монтаже, повышение эффективности монтажных работ.

### Список литературы

1. Михайлов В.В. Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры) / В.В. Михайлов, М.С. Сергеев. Владимир: ВГУ, 2011. 56 с.
2. Трофимов В.И. Структурные конструкции / В.И. Трофимов, Г.Б. Бегун. Москва: Стройиздат, 1972. 155 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Гайлитис Д.И., Гайлитис В.С.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В России одна из самых разветвленных транспортных сетей в мире: 85000 км железных дорог, 1,5 млн. км автомобильных магистралей. Управлять всеми этими сложными транспортными системами, анализировать большие данные и даже предотвращать аварийные ситуации призван помочь искусственный интеллект. В дорожной отрасли необходимо внедрять систему «умные дороги», работающую на основе нейронных сетей. Эта система поможет управлять дорожным движением, идентифицировать транспорт, выявлять дефектные участки на дорогах, осуществлять весогабаритный контроль на федеральных и региональных трассах.*

Одной из важнейших задач в развитии дорожной отрасли на сегодняшний день является приведение дорог в соответствие с нормативами и снижение уровня аварийности. Эти задачи заложены в программу национального проекта «Безопасные качественные дороги», которая рассчитана до 2030 года. Решение подобных задач в современном мире развития цифровых технологий невозможно без использования нейронных сетей с их способностью извлекать смысл из сложных или неточных данных. Эти способности могут быть использованы для извлечения шаблонов и выявления тенденций, которые слишком сложны, чтобы их заметили люди или другие компьютерные методы.

Внедрение цифровых технологий в дорожной отрасли должно охватывать все жизненные циклы дороги, начиная с этапа проектирования, строительства и заканчивая процессом эксплуатации и содержания автомобильных дорог.

С помощью информационных технологий становится возможен новый подход к управлению состоянием дорог на основе анализа остаточного рабочего ресурса.

Подобные интеллектуальные системы уже используются на федеральных трассах – ЦКАД, М-12, М-4, а также на ряде региональных трасс. В России системы искусственного интеллекта создаются, в частности, на базе Центра компьютерного зрения концерна «Телематика».

Технологии на базе искусственного интеллекта достаточно широкого применяются для управления дорожным движением, идентификации транспорта на платных дорогах, пунктах весогабаритного контроля [1-5].

На ЦКАД работает автоматизированная система управления дорожным движением нового поколения. В частности, «Единый оператор» (совместное предприятие ГК «Автодор» и концерна «Телематика») в пилотном режиме подключил к «умной» дороге автопарк аварийных комиссаров, работающих на

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

ЦКАД. Автомобили и магистраль связывает технология V2X (буквально и означает Vehicle-to-everything, то есть «автомобиль, подключенный ко всему»), которая является ключевым элементом «умных» дорог и позволяет делать их более комфортными и безопасными.

Система на основе искусственного интеллекта и нейронных сетей с помощью видеоаналитики может автоматически обнаруживать множество самых разных инцидентов – ДТП, выпавший груз, машину, остановившуюся в неположенном месте, пешеходов или животных на проезжей части, затор на дороге (рис. 1). Это позволяет оперативно реагировать на происшествия, направлять службы экстренной помощи и предупреждать других водителей о возможных опасностях на пути следования.

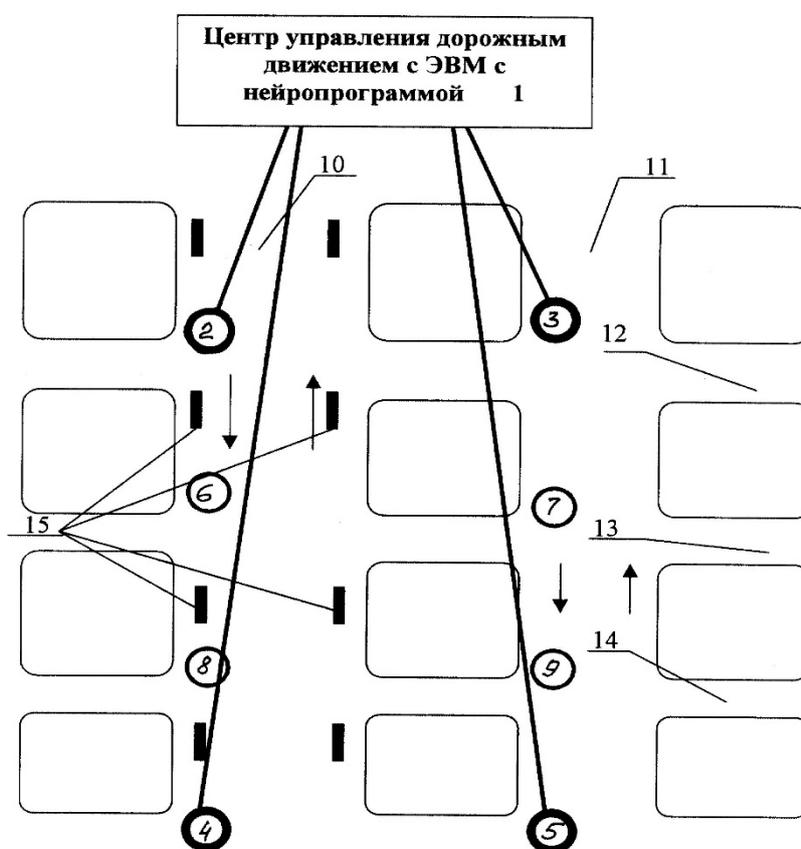


Рис. 1. Схема нейросетевого способа координированного управления транспортными потоками: 1 – центр управления дорожным движением; 2-5 – контрольные светофорные объекты; 6-9 – светофоры, расположенные на улицах 10-14

В городской дорожной сети нейросети помогут полностью управлять движением, решить вопрос с заторами, вредными выбросами, повысить безопасность дорожного движения.

На скоростных магистралях искусственный интеллект играет особенно важную роль в повышении безопасности дорожного движения. После обнаружения определенного события на дороге, система автоматически выводит

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

сообщения на дорожные информационные табло для всех участников движения, например, об изменении скоростного режима или закрытии полосы.

«ЦКАД, являющаяся одной из самых современных скоростных трасс Европы и первая «умная» дорога России, предоставляет водителям высокий уровень безопасности. Благодаря интеллектуальной транспортной системе, которая составляет неотъемлемую часть дорожной инфраструктуры, централизованному управлению, количество дорожно-транспортных происшествий снижается.

Еще один интересный технологический тренд в дорожной отрасли – цифровые двойники, виртуальная симуляция реального процесса. Минтранс России сделал первую цифровую высокоточную модель скоростной автомагистрали М-11 в рамках проекта «Беспилотные логистические коридоры».

Цифровой двойник (полная цифровая копия магистрали) содержит не только трехмерную карту дороги, но и показывает динамические данные о дорожной ситуации в режиме реального времени. Благодаря этому будет обеспечиваться безопасное движение автономного (без водителя в кабине) транспорта за счет информирования об изменениях на пути движения на десятки километров вперед. Результаты пилота лягут в основу транспортно-логистических коридоров будущего.

Также на дорогах России начали работать системы, созданные с применением нейронных сетей, направленные на выявление дефектов как на покрытии, так и на глубине до 50 см, и формирования плана ремонтных работ. Сканирование выполняется с помощью навесного оборудования, которое крепится к легковой машине. После обработки автоматически формируются ведомости, необходимые для ремонта.

Например, такая система запущена в Тюмени локальными разработчиками в конце 2022 года. Нейросеть способна выявлять четыре вида дефекта – трещины и выбоины на дорогах, отклонения в разметке и знаках. После обнаружения система размещает все проблемы на виртуальной карте с указанием места и даты, далее подрядчик их устраняет.

Мониторинг автодорог на глубину до 30-50 м поможет оперативно выявлять скрытые дефекты – участки с обводнением, пустотами, провалами, то есть участки, которые являются проблемными в данный момент или могут стать таковыми в ближайшей перспективе. Искусственный интеллект должен помочь спрогнозировать развитие этих процессов.

Департамент информационных технологий города Москва сообщил, что в столице заработали нейросети для контроля состояния дорог. На данный момент они способны выявить девять типов недочётов с точностью свыше 90 %, после чего передавать информацию операторам – те, в случае верного срабатывания, подтверждают информацию и направляют её соответствующим службам для устранения неполадок.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Среди выявляемых нарушений: ямы, стёртая разметка, повреждение бортового камня, а также загрязнение остановок и дорожных знаков. Нейронные сети встроены в мобильные комплексы, которыми сейчас оборудованы больше 20 машин городских ведомств. При использовании таких мобильных комплексов с нейросетями время на фиксацию нарушений сокращается втрое: умным алгоритмам нужно около 5 мин для выявления нарушений, а инспектору – приблизительно 16 мин.

В будущем скорость передач данных хотят увеличить, а типы выявляемых недочётов на дорогах и близлежащих частях намерены расширить.

Эксперты отмечают, что к середине 2023 года дорожно-строительная отрасль частично перешла от бумажной документации к системному управлению жизненным циклом объектов на основе данных и цифровых моделей.

Сейчас, к сожалению, системы плохо интегрированы между собой, потому что на каждой стадии данные передаются в разных форматах. На стадии проектирования – в виде чертежей, 2D- и 3D-моделей и ведомостей Excel. На этапе строительства – исполнительная документация в виде классических PDF, а на стадии эксплуатации у продвинутых собственников – геоинформационные системы в формате векторной графики.

При переходе от проектирования к эксплуатации теряются массивы информации, а при строительстве в принципе отсутствует обмен данными. Это усложняет весь процесс работы над объектами. Уход за счет автоматизации от бумажных документов обеспечит бесшовную передачу данных и минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором. Единый источник информации позволит исключить потерю информации и повысить эффективность принятия решения.

В последние два-три года начали появляться установленные Минстроем «XML-схемы»: это уже машиночитаемый формат, благодаря чему не нужно сканировать бумажные документы и переводить их в электронный вид. К середине апреля 2023 года опубликовано 7 XML-схем для этапа проектирования и 17 – для этапа строительства. Это решение позволяет исключить ошибки при вводе данных на разных стадиях. Важно продолжать создавать такие схемы для каждого этапа – от экспертизы до эксплуатации, чтобы интегрировать все стадии в общую картину дорожно-строительной отрасли в России.

Масштабной задачей всей дорожно-строительной отрасли до 2027 года должен стать полный переход от традиционного документно-ориентированного подхода к модельно- и дата-ориентированному подходам управления жизненным циклом объекта моделирования и информационной модели. Это соответствует плану федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Необходимо дальше делать упор на развитие технологий и внедрять 4D:

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

такой подход, помимо стандартной 3D-модели объекта в пространстве, поможет отслеживать динамику строительства во времени, составить планы работы и рассчитать стоимость, а главное – увидеть недоработки на каждом этапе. Это позволит не только определить все параметры на этапе проекта организации строительства, но и снизит сроки строительства и упростит эксплуатацию дороги.

### Заключение

Таким образом, чтобы реализовать все планы по строительству и реконструкции дорог до 2027 года, необходимо полностью отойти от бумажного вида документации, устранить противоречия в действующих документах, обеспечить бесшовную передачу данных, разработать стандарты технологии информационного проектирования с минимальным сроком 10-15 лет и ускорить развитие отечественных САПР. Благодаря этому в проектировании будет создана модель, которая позволяет отражать реальные материалы и объемы работ, проводить автоматизированную проверку на соответствие нормативно-технической документации. А в строительстве – обеспечена прозрачность активирования выполненных работ и автоматизированный контроль за ходом реализации. Такая цифровизация повысит эффективность использования ресурсов всей дорожной отрасли.

### Список литературы

1. Клашанов Ф.К. Искусственные нейронные сети в управлении строительством / Ф.К. Клашанов, А.В. Кирюхин, А.В. Гинзбург // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. 2019. С. 259-264.
2. Некрасов А.Г. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру) / А.Г. Некрасов, Б.В. Соколов, К.И. Атаев. 2017. 155 с.
3. Kim D. Normalisation methods on neural networks for predicting pavement layer moduli / D. Kim, J.-M. Kim, S.-H. Mun // Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice. 2014. Vol. 19. No 3. Pp. 38-46.
4. Mack J.W. Using remaining service life as the national performance measure of pavement assets 2 / J.W. Mack, R.L. Sullivan // Annual Meeting of the Transportation Research Board. 2013. Vol. 30. Pp. 32.
5. Rada G.R. Pavement structural evaluation at the network level / G.R. Rada, S. Nazarian, B.A. Visintine [et al.] // United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure Research and Development. 2016. 286 Pp.

## РАЗВИТИЕ «УМНОЙ» ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Гайлитис Д.И., Гайлитис В.С.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Цифровые технологии продолжают менять окружающий мир, внося значительные изменения в различные аспекты нашей жизни. Среди этих изменений особое значение получило понятие «умная» дорога и, в частности, инновационные решения, направленные на улучшение дорожной инфраструктуры и повышение эффективности транспортных сетей.*

К сожалению, по данным статистики, ежегодно в мире в ДТП гибнет около 1,3 млн. чел. и до 50 млн. получают травмы. Глобальный план Десятилетия действий по обеспечению безопасности дорожного движения на 2021-2030 годы преследует цель снизить смертность и травматизм в результате ДТП на 50 % к 2030 году.

Поскольку безопасность движения зависит не только от характеристик и параметров автомобилей, а также навыков водителя, на сегодняшний момент во многих странах уделяется пристальное внимание строительству так называемых «умных» дорог, оборудованных такой инфраструктурой, которая компенсирует неспособность человека избежать ошибок и его физическую уязвимость на дорогах.

В первую очередь, к элементам такой инфраструктуры относят систему подсветки дороги, которая откликается на приближение автомобиля. Также это применение дорожной разметки, для которой применяется люминесцентная краска, которая «заряжается» от солнечной энергии в дневное время суток и светится в темноте. На обочинах разработчики такой технологии нарисовали специальные снежинки, которые начинают светиться при низкой температуре, что позволяет проинформировать водителей о гололеде (рис. 1).



Рис. 1. Реакция «умной» дороги на гололед

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Ситуационные центры на федеральных трассах РФ анализируют информацию от различных датчиков и камер, постоянно отслеживают количества автомобилей, погодные условия и т.д. На некоторых трассах установлены информационные табло, которые предупреждают водителей о различных неблагоприятных дорожных условиях.

В этом плане показателен опыт платных участков федеральных трасс. Например, на М-4 «Дон» в платном режиме действует почти 400 км автодорог. Участок с 21 по 93 км является автомобильной дорогой технической категории 1А – автомагистралью с разделенными встречными потоками движения, отсутствием светофоров. Интеллектуальные транспортные системы на этом участке позволяют отслеживать трафик, управлять движением, оповещать водителей о погодных условиях, информировать об изменениях обстановки на дороге.

Достаточно интересную идею по оснащению дорог недавно предложили израильские ученые. Понимая, что в ближайшем будущем большое количество автомобилей будет работать от электричества (а самым большим недостатком электромобилей является постоянная необходимость в подзарядке), в Тель-Авиве решили построить дорогу, которая будет способна заряжать подобные автомобили прямо по ходу движения. Энергия будет вырабатываться с помощью специального дорожного полотна.

Для этого при прокладке дорог предполагается использовать специальную машину, которая будет рыть небольшие траншеи глубиной около 8 см для индукционных катушек. Далее траншея будет заполняться асфальтобетоном, поле чего установленные в ней катушки начнут взаимодействовать с проезжающими автомобилями, передавая им электроэнергию. Предполагается, что излучение от катушек не будет превышать 25 см, что будет достаточно, чтобы «достать» до автомобиля, и в то же время мало, чтобы навредить здоровью водителя (рис. 2).



Рис. 2. Энергетическая полоса

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Еще одним примером зарубежного опыта создания инфраструктуры «умных дорог» является экспериментальный участок автотрассы в Голландии. Его особенность состоит в применении светодиодных светильников, работающих на солнечной энергии, аккумулируемой встроенными солнечными батареями, что позволяет обойтись без кабелей электропитания. Уровень горения светильников увеличивается при приближении автотранспорта, а в случае его отсутствия на дороге освещение остается минимальным.

Стоит отметить, что наиболее эффективным способом повышения энергосберегающих характеристик и, вместе с тем повышения безопасности дорожного движения, является применение современных автоматизированных систем управления освещением (АСУНО). Такие системы позволяют дистанционно управлять сетями наружного освещения и контролировать состояние оборудования. Так, Институтом высоких технологий БелГУ в 2016 году реализован проект по внедрению устройств интеллектуального управления освещением на трассе в Белгородской области.

В особой экономической зоне «Алабуга» Республики Татарстан ФАУ «РОСДОРНИИ» и компания «Казань – Телематика» в 2023 году создали интеллектуальную дорожную инфраструктуру, обеспечивающую безопасное и эффективное движение высокоавтоматизированных транспортных средств в условиях реального транспортного потока на автомобильных дорогах общего пользования (рис. 3).



Рис. 3. Участок интеллектуальной дорожной инфраструктуры

Общая длина маршрута 11,2 км. На участке будет отрабатываться взаимодействие высокоавтоматизированных транспортных средств с дорожно-транспортной инфраструктурой, системами высокоточного позиционирования и динамической цифровой картой дорожного движения, которые позволят получать информацию о трафике, метеоусловиях, дорожно-транспортных происшествиях и других дорожных инцидентах на протяжении всей трассы. В

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

свою очередь, умная дорожная инфраструктура будет получать данные о движении автономного транспорта, тем самым обеспечивая эффективную координацию и управление транспортными потоками на улично-дорожной сети.

Комплекс интеллектуальных транспортных решений, реализуемый в Республике Татарстан в ОЭЗ «Алабуга» позволит приблизить будущее автономных автомобилей. Тестирование ВАТС в условиях реального транспортного потока поможет не только улучшить функциональные и технические характеристики автономных транспортных средств, но и определить по результатам проводимых экспериментов оптимальные технологии ИТС, в том числе обеспечивающие безопасное использование ВАТС на дорогах общего пользования.

### Заключение

На сегодняшний день в России продолжают активные работы по развитию системы «умных дорог», которые в ближайшем времени собираются строить по всей стране. Пока появление ИТС анонсировано на дорогах Самарской и Курской области, а также на крупных автомобильных артериях федерального значения. Большинство российских регионов собираются оснастить ИТС уже к 2025 году. Однако на сегодняшний день одно известно наверняка: отечественные дорожное движение идёт в ногу со временем и не обходит стороной глобальный процесс диджитализации.

### Список литературы

1. Черноусов И. Дорога ведет пешехода /И. Черноусов // Российская газета. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rg.ru/2020/06/28/umnye-dorogi-perehody-i-svetofory-testiruiut-v-neskolkih-gorodah-rossii.html>.
2. Тоняян З.Г. Интеллектуальные информационные системы в транспорте / З.Г. Тоняян, Ю.В. Алтухова // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы: матер. докладов III регион. заоч. науч.-практ. конф. «ИИС-2015» (Курск, 23 октября 2015 г.). Курск: ЗАО «Университетская книга». 2015. С. 19-21.
3. Анастасов М.С. Перспективы развития транспортно-дорожного комплекса РФ / М.С. Анастасов, Г.С. Беляков, В.А. Дицкий // Наука и техника в дорожной отрасли. 2020. № 4 (94). С. 39-41.
4. Бородина Е.С. Дороги будущего – дороги перемен / Е.С. Бородина, С.А. Дергунов, С.А. Орехов // Инновации в науке. 2014. № 30 (1). С. 96-109.
5. Второй российский международный конгресс по интеллектуальным транспортным системам // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2010. № S2. С. 48-50.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ДОБАВОК-МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА С УЛУЧШЕННЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Ласман И.А., Иванов Е.О., Козлова О.Н.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Комплексное использование добавок-модификаторов (порошка модифицированной волокнистой целлюлозы, активного резинового порошка и метасиликата кальция) позволяет улучшить физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона: увеличить прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии при температуре 20 °С на 7,8 %, прочность на сжатие при температуре 0 °С, 20 °С и 50 °С в 1,2 раза, 1,1 раза и 1,1 раза, соответственно, и коэффициент водостойкости в 1,2 раза; уменьшить водонасыщение в 1,5 раза, а также повысить качество и долговечность дорожной конструкции автомобильной дороги.*

Быстрый рост населения и развитие городов привели к значительному увеличению интенсивности движения и нагрузки на транспортные средства. В результате дорожные покрытия из асфальтобетона не выдерживают своего срока службы из-за сильного усталостного растрескивания и постоянной деформации (колеяности) [1-13].

Для создания прочных и долговечных автомобильных дорог необходимо использовать современные строительные материалы и новые технологии для строительства, реконструкции и ремонта дорожных покрытий [1-10].

Одним из таких и является щебеночно-мастичной асфальтобетон (ЩМА), который отличается более высокой ударной прочностью, улучшенными характеристиками устойчивости к деформациям и повышенной стойкостью к агрессивным средам.

На сегодняшний день щебеночно-мастичной асфальтобетон успешно применяется и является актуальным направлением в дорожном строительстве.

При проектировании и производстве щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМАС) для улучшения эксплуатационных характеристик дорожного покрытия применяют высококачественные и эффективные материалы. К таким материалам относятся добавки-модификаторы [10-12].

Целью работы является исследование влияния добавок-модификаторов на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона. В качестве таких добавок были использованы следующие материалы:

- порошок модифицированной волокнистой целлюлозы (ПМВЦ);
- активный резиновый порошок (АРП);
- метасиликат кальция (МСК).

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Было разработано шесть составов щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМАС) с различными комбинациями добавок-модификаторов. Полученные образцы подвергались испытанию на среднюю плотность, водонасыщение, водостойкость, предел прочности на сжатие [7, 13].

Результаты испытания образцов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели физических свойств асфальтобетона

№ п/п	Состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси, %	Физические свойства		
		Средняя плотность, т/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, %, по объёму	Коэффициент водостойкости
1	Минеральный порошок – 100 %, битум – 12,5 % от массы минеральной части (К)	2,25	0,35	0,77
2	Минеральный порошок – 97 %, ПМВЦ – 3 %, битум – 14 % от массы минеральной части (С1)	2,20	0,34	0,95
3	Минеральный порошок – 97 %, АРП – 3 %, битум – 13 % от массы минеральной части (С2)	2,13	0,61	0,86
4	Минеральный порошок – 97 %, МСК – 3 %, битум – 12,6 % от массы минеральной части (С3)	2,22	0,29	0,75
5	Минеральный порошок – 94 %, ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 %, битум – 14 % от массы минеральной части (С4)	2,24	0,31	0,76
6	Минеральный порошок – 94 %, ПМВЦ – 3 %, МСК – 3 %, битум – 13 % от массы минеральной части (С5)	2,28	0,35	0,80
7	Минеральный порошок – 91 %, ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 %, МСК – 3 %, битум – 13,5 % от массы минеральной части (С6)	2,25	0,24	0,91

Из результатов испытания видно, что образец без добавок (К) имеет среднюю плотность 2,25 т/м<sup>3</sup>. В образце (С1) с 3 % ПМВЦ средняя плотность снижается на 2,28 %, но возрастает коэффициент водостойкости на 23,4 % [2].

В образце (С2) с 3 % АРП значительно снижается плотность, на 5,33 %, но возрастает водонасыщение на 2,9 % и коэффициент водостойкости на 11,7 %.

Дальнейший анализ составов 3-7 показывает, что добавки-модификаторы положительно влияют на коэффициент водостойкости, что в свою очередь позволяет получить более качественное покрытие.

Но наилучшим составом из трёх является С6 с комбинацией добавок

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 % и МСК – 3 %, так как при одинаковом значении средней плотности в сравнении с контрольным составом, коэффициент водостойкости увеличился на 18,2 %, а водонасыщение снизилось на 68,6 %.

Таблица 2 – Показатели предела прочности на сжатие

№ п/п	Состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси, %	Предел прочности на сжатие, МПа, в водонасыщенном состоянии при температуре 20 °С	Предел прочности на сжатие, МПа, при температуре		
			20 °С	50 °С	0 °С
1	Минеральный порошок – 100 %, битум – 12,5 % от массы минеральной части (К)	4,26	5,47	2,52	6,45
2	Минеральный порошок – 97 %, ПМВЦ – 3 %, битум – 14 % от массы минеральной части (С1)	4,51	4,66	2,58	6,17
3	Минеральный порошок – 97 %, АРП – 3 %, битум – 13 % от массы минеральной части (С2)	4,42	5,15	2,57	5,93
4	Минеральный порошок – 97 %, МСК – 3 %, битум – 12,6 % от массы минеральной части (С3)	4,30	5,07	2,69	6,68
5	Минеральный порошок – 94 %, ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 %, битум – 14 % от массы минеральной части (С4)	3,29	4,56	2,73	6,41
6	Минеральный порошок – 94 %, ПМВЦ – 3 %, МСК – 3 %, битум – 13 % от массы минеральной части (С5)	3,88	4,83	2,84	7,75
7	Минеральный порошок – 91 %, ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 %, МСК – 3 %, битум – 13,5 % от массы минеральной части (С6)	4,59	6,12	2,95	7,98

При сравнении полученных результатов испытаний было установлено, что:

- прочность на сжатие при температуре 20 °С и 0 °С больше у контрольных образцов по сравнению с составами С1-С5 с добавками;

- прочность на сжатие при температуре 50 °С образцов из составов С1-С5 с добавками-модификаторами на 2,1-12,7 % выше, чем у контрольных образцов без добавок.

Так, из данных табл. 2 видно, что образцы с добавками из ПМВЦ (С1) и АРП (С2) имеют меньшую прочность при температурах 20 °С и 0 °С – прочность на сжатие с 3 % ПМВЦ уменьшается на 14,8 % и 4,3 %, а с 3 % АРП на 5,9 % и 8,1 % соответственно.

Но при температуре 50 °С у этих же образцов прочность на сжатие

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

повышается на 2,3 % и 2,0 % соответственно. Это позволяет сделать вывод о том, что добавки-модификаторы ПМВЦ и АРП в образцах повышают его теплостойкость.

Дальнейший анализ составов 3-6, позволяет сделать вывод, что наилучшим составом является С6 с комбинацией добавок ПМВЦ – 3 %, АРП – 3 % и МСК – 3 %, так как показатели прочности данного образца превосходят контрольный состав (К): при температуре 20 °С в водонасыщенном состоянии на 7,8 %; при температуре 20 °С на 11,9 %; при температуре 50 °С на 11,1 %; при температуре 0 °С на 23,7 %.

Данные результаты исследований позволяют предположить, что покрытие, изготовленное из состава С6, будет лучше выдерживать различные виды нагрузок, в том числе и при перепадах температур [8].

### Заключение

На основании проведенных результатов исследований установлено, что из шести составов наилучшим по физико-механическим свойствам является состав С6. По сравнению с контрольным составом, комплексная добавка, состоящая из МПВЦ – 3%, АРП – 3% и МСК – 3%:

- повышает – коэффициент водостойкости на 18,2 %, прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии при температуре 20 °С на 7,8 %, прочность на сжатие при температуре 0 °С, 20 °С и 50 °С на 23,7 %, 11,9 % и 11,1 %, соответственно;

- понижает водонасыщение по объёму на 68,6 %.

Применение комплексных добавок-модификаторов приводит к получению качественного и долговечного покрытия из ЩМА.

### Список литературы

1. Ласман И.А. Модификация асфальтобетона наполнителем на основе углерода / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.) Брянск: БГИТУ. 2023. С. 271-276.

2. Zhu J. Performance of hot and warm mix asphalt mixtures enhanced by nano-sized graphene oxide / J. Zhu // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 21. Pp. 273-282.

3. Ласман И.А. Модифицированные асфальтобетонные смеси в конструкциях дорожных одежд / И.А. Ласман, Е.А. Соломников // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 380-382.

4. Ласман И.А. Повышение морозостойкости и водостойкости дорожных конструкций / И.А. Ласман, Е.А. Соломников, Е.О. Иванов // Актуальные

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 711-713.

5. Вольфсон С.И. Модификация битумов, как способ повышения их эксплуатационных свойств / С.И. Вольфсон, Ю.Н. Хакимуллин, Л.Ю. Закиров [и др.] // Химическая технология. Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 17. С. 29-32.

6. Сайрахмонов Р.Х. Модифицированный асфальтовяжущий материал с добавками различного функционального назначения для щебеночно-мастичного асфальтобетона / Р.Х. Сайрахмонов, Н.С. Арабзода, С.С. Умаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2022. № 4. С. 157-163.

7. Ласман И.А. Модифицированные мелкозернистые асфальтобетоны с улучшенными физико-механическими свойствами / И.А. Ласман, Е.О. Иванов // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 7-10 февраля 2024 г.). Брянск: БГИТУ. 2024. С. 515-518.

8. Соломников Е.А. Модифицированная асфальтобетонная смесь для работы в неблагоприятных погодных условиях / Е.А. Соломников, И.А. Ласман // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 7-10 февраля 2024 г.). Брянск: БГИТУ. 2024. С. 603-606.

9. Ласман И.А. Синтетические волокна для дисперсного и пространственного армирования асфальтобетонного покрытия / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7-9 апреля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 238-242.

10. Ласман И.А. Экономическая эффективность отечественных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона / И.А. Ласман, З.А. Мевлидинов, Д.Ю. Шкабаро [и др.] // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7-9 апреля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 233-237.

11. Ласман И.А. Модификация асфальтобетона бытовым отходом – полиэтиленгликольтерефталатом / И.А. Ласман, Е.А. Соломников, Е.О. Иванов // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск: БГИТУ. 2023. С. 281-283.

12. Соломенцев А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов / А.Б. Соломенцев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 1. С. 14-15.

13. Вдовин Е.А., Буланов П.Е. Влияние целлюлозных стабилизирующих добавок на физико-механические характеристики битума / Е.А. Вдовин, П.Е. Буланов // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 3. С. 103-109.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ХОЛОДНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ В «ТОЩИХ» БЕТОНАХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ласман И.А., Мевлидинов З.А., Шинко Р.М., Самойлова В.С.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Замена крупного заполнителя продуктами холодного фрезерования старого асфальтобетонного покрытия в количестве 10 % при производстве «тощего» бетона оснований автомобильных дорог позволяет получить модифицированный «тощий» бетон класса на растяжение при изгибе  $B_{тб}$  3,2 и на сжатие  $B_{10}$  (M150).*

В современном мире утилизация и повторное использование материалов становится все более актуальным направлением в дорожном строительстве. В связи с тем, что природные ресурсы Земли с каждым днем истощаются и сырьевая база для производства строительных материалов сокращается, поэтому необходимо найти альтернативные варианты по замене природных материалов. Такими материалами и являются техногенные продукты промышленных производств, которые успешно применяются в дорожном строительстве [1, 4-9].

В настоящее время, существуют направления по утилизации и повторному использованию техногенных продуктов промышленных производств в «тощих» бетонах оснований автомобильных дорог, что позволяет: повысить эксплуатационные характеристики автомобильных дорог; сэкономить природные сырьевые ресурсы; уменьшить себестоимость 1 м<sup>2</sup> дорожной одежды; снизить выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды в регионах РФ.

Одним из примеров утилизации и повторного использования материалов для «тощих» бетонов оснований является использование фрезерованного асфальтогранулята (АГ), который представляет собой продукт холодного фрезерования асфальтобетонного покрытия дороги.

В настоящее время востребованным являются «тощий» бетон для оснований с различными добавками-модификаторами, которые приводят к улучшению эксплуатационных характеристик дорожной конструкции.

Целью работы является исследование влияния продуктов холодного фрезерования старого асфальтобетонного покрытия (асфальтогранулята) на свойства модифицированного «тощего» бетона оснований в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог.

Для получения контрольных и модифицированных образцов «тощего» бетона оснований были исследованы сырьевые материалы, характеристики которых представлены в табл. 1.

Для получения образцов были изготовлены составы «тощего» бетона без добавки и с добавкой АГ. Для снижения водопотребности бетонной смеси применяли суперпластифицирующую добавку Sika ViscoCrete GL 116.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Таблица 1 – Физико-механические свойства компонентов «тощего» бетона

Наименование материала, поставщик	Показатели
Щебень М1300 по ГОСТ 8267-93 (ООО «БЕТОНЭКС», г. Брянск)	Фракция – 5-20 мм Истинная плотность – 2800 кг/м <sup>3</sup> Насыпная плотность – 1450 кг/м <sup>3</sup> Пустотность – 0,46 Марка по морозостойкости – 300 Содержание пылевидных и глинистых частиц – 0,09 %
Песок природный кварцевый по ГОСТ 8736-2014 (ООО «БЕТОНХИТ», г. Брянск)	Модуль крупности – 1,8 Истинная плотность – 2550 кг/м <sup>3</sup> Насыпная плотность – 1400 кг/м <sup>3</sup> Содержание пылевидных и глинистых частиц – 2,00 %
Портландцемент ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н по ГОСТ 31108-2020 («ООО Петербургцемент»)	Активность – 42,4 МПа Истинная плотность – 3100 кг/м <sup>3</sup> Насыпная плотность – 1340 кг/м <sup>3</sup>
Асфальтогранулят холодного фрезерования (г. Брянск)	Фракция – 5-20 мм Содержание битума – 5,2 %

Прочность на растяжение при изгибе образцов «тощего» бетона измеряли на образцах-призмах квадратного сечения размерами 100×100×400 мм в течение 7, 14 и 28 дней по ГОСТ 10180-2012. При проведении испытания пользовались масштабным коэффициентом равным 0,92. Результаты испытаний образцов бетона на растяжение при изгибе приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов на растяжение при изгибе

Образец	Возраст, суток			Класс бетона
	7	14	28	
Контрольный	2,49	3,38	4,40	B <sub>тб</sub> 3,2
10 %	2,12	2,95	4,08	B <sub>тб</sub> 3,2
15 %	1,86	2,61	3,66	B <sub>тб</sub> 2,8
25 %	1,47	2,23	3,15	B <sub>тб</sub> 2,4

Прочность «тощего» бетона на сжатие определяли с использованием образцов-кубов размерами 100×100×100 мм в течение 7, 14 и 28 дней по ГОСТ 10180-2012. При проведении испытаний применяли масштабный коэффициент равный 0,95. Результаты испытаний образцов бетона на сжатие приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов на сжатие

Образец	Возраст, суток			Класс бетона
	7	14	28	
Контрольный	8,95	10,58	13,36	B10
10 %	7,68	8,75	12,58	B10
15 %	7,33	8,34	11,22	B7,5
25 %	6,14	7,33	9,71	B7,5

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Водопоглощение образцов бетона определяли на кубах размерами 100×100×100 мм после твердения в возрасте 28 суток по ГОСТ 12730.3-2020.

Результаты испытаний образцов бетона на водопоглощение представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний образцов на водопоглощение

Наименование состава	Водопоглощение по объему, %
Контрольный	1,9
Модифицированный с добавкой в количестве, %:	
10	2,1
15	3,9
25	6,5

На основании полученных результатов исследований было установлено, что с увеличением количества АГ в составе «тощего» бетона приводит к значительному снижению прочностных показателей «тощего» бетона и увеличению водопоглощения.

Причина снижения прочностных показателей «тощего» бетона обусловлена наличием большого числа агломерированных частиц в составе асфальтогранулята, которые способствуют увеличению объема пустот и снижению плотности смеси. Другой причиной снижения прочности «тощего» бетона, модифицированного добавкой асфальтогранулята, является концентрация напряжений, которая возникает в мягком асфальтобетонном вяжущем и вызывает концентрацию напряжений и микротрещины внутри бетонной матрицы [2, 3].

Введение добавки-модификатора в количестве 10, 15, 25 % приводит к повышению водопоглощения «тощей» бетонной смеси в 1,1, 2,05 и 3,42 раза по сравнению с контрольным образцом. Это связано с тем содержание агломерированных частиц приводит к увеличению пустот, которые удерживают большое количество воды в смеси. Со временем вода, присутствующая в бетоне, будет испаряться и образовывать пустоты, которые и приводят к снижению прочности. Из трёх модифицированных образцов «тощего» бетона наилучшим по эксплуатационным характеристикам оказался состав № 1 с содержанием добавки в количестве 10 %.

### Заключение

В данной работе был предложен и исследован способ получения модифицированных составов «тощих» цементобетонов путём введения в структуру битумосодержащих отходов продукта холодного фрезерования старого асфальтобетонного покрытия, а также произведен анализ полученных результатов испытаний образцов.

Механизм концентрации напряжений способствует снижению сцепления между асфальтовой пленкой и бетонной матрицей. Концентрация напряжений

вызывает отслаивание битумной пленки и развитие микротрещин в бетонной матрице, что приводит к снижению прочностных показателей.

При частичной замене крупного заполнителя оптимальным количеством является 10% асфальтогранулята.

Использование продуктов холодного фрезерования старого асфальтобетонного покрытия в «тощих» бетонах оснований для конструкций автомобильных дорог позволяет получить модифицированный «тощий» бетон класса на растяжение при изгибе  $B_{тб} 3,2$  и на сжатие B10 (M150) при частичной замене крупного заполнителя в количестве 10 %.

#### Список литературы

1. Singh M. Feasibility Study on Use of Washed-Reclaimed Asphalt as a Partial Replacement of Natural Aggregate in Dry-Lean Concrete as Base Course for Rigid Pavement / M. Singh, A. Adhikari, M. Kumar Maurya [et al.] // J. Mater. Civ. Eng. 2020. Vol. 32 (9). Pp. 266-282.

2. Baoshan H. Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements / H. Baoshan, S. Xiang, L. Guoqiang // Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 35. Pp.2008-2013.

3. Guoqiang L. Development of waste tire modified concrete / L. Guoqiang, M. Stubblefield, G. Garricka [et al.] // Cement and Concrete Research. 2004. Vol.34. Pp. 2283-2289.

4. Ласман И.А. Сталешлаковый «тощий» бетон / И.А. Ласман, Р.М. Шинко, В.С. Самойлова // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.) Брянск: БГИТУ. 2023. С. 284-287.

5. Dubey P. Assessing the Effect of Reclaimed Asphalt Pavement on Mechanical Properties of Dry-Lean Concrete / P. Dubey, S. Paswan, M. Sukhija [et al.] // J. Mater. Civ. Eng. 2020. Vol. 32 (11). Pp. 350-360.

6. Самойлова В.С. Модифицированные цементобетоны для конструктивных слоев дорожных одежд автомобильных дорог / В.С. Самойлова, И.А. Ласман, З.А. Мевлидинов // Научный альманах. 2023. № 11-3 (109). С. 49-53.

7. Самойлова В.С. Дисперсно-армированный «тощий» бетон для устройства оснований автомобильных дорог / В.С. Самойлова, Р.М. Шинко, И.А. Ласман [и др.] // Научный альманах. 2024. № 1-3 (111). С. 81-86.

8. Ласман И.А. Модифицированные цементобетонные смеси для дорожного строительства / И.А. Ласман, Шинко Р.М. // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. труд. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.) Брянск: БГИТУ. 2022. С. 398-400.

9. Surender Singh G.D. Sustainable lean concrete mixes containing wastes originating from roads and industries / G.D. Surender Singh, R.N. Ransinchung, M. Kumari // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 209. Pp. 619-630.

## МОДИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕРОЙ

Ласман И.А., Соломников Е.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Применение технической серы как модификатора асфальтобетона позволяет улучшить обволакивание зерен минеральных компонентов органическим вяжущим, понизить температуру приготовления асфальтобетонной смеси без потери ее качества на 30 % и повысить прочность на сжатие асфальтобетона при температуре 20 °С и 50 °С на 36,6 % и 13,2 %, соответственно. У модифицированного асфальтобетона отмечается также повышение устойчивости к колеобразованию и увеличению безремонтного срока службы дорожной конструкции.*

Ежегодное увеличение интенсивности автотранспорта требуют повышенной устойчивости асфальтобетона к усталостным напряжениям, а также увеличенной сопротивляемости к возникновению пластических деформаций.

Применение модифицирующих добавок в производстве асфальтобетона улучшают эксплуатационные характеристики, повышают долговечность покрытий и способствуют меньшей потере несущей способности дорожной конструкции [1-12].

Модифицированный асфальтобетон технической серой может решить данную проблему, так как она позволяет получать асфальтобетон повышенной долговечности [13-17]. Поэтому целью данного исследования является изучение эксплуатационных свойств асфальтобетона, с применением элементарная сера в качестве модификатора.

Сера техническая комовая представляет собой техногенный отход, полученный при очистке природных и коксовых газов, а также отходящих газов нефте- и сланцепереработки. Она практически не растворяется в кислотах и воде. Температура плавления серы 110-119 °С, кипения 444,8 °С. Сера плохо проводит электрический ток, нерастворима в воде и большинстве неорганических кислот, хорошо растворяется в сероуглероде, безводном аммиаке, анилине и других органических растворителях. Теплопроводность твердой и жидкой серы незначительна, поэтому для ее расплава и подогрева требуются значительные энергетические затраты в пределах 190 кДж/г на 1 кг твердой серы [19-20].

Приготовление горячей асфальтобетонной смеси происходит при температуре до 200 °С, введение технической серы позволяет уменьшить температуру изготовления на 30 %. В этом диапазоне температур вредные сернистые газы практически не оказывают влияние на здоровье человека [19].

При использовании технической серы для изготовления асфальтобетона необходимо точно соблюдать температурный режим технологических процессов. Температура – это важный фактор, который оказывает влияние на ход

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

реакции серы с битумом, который значительно ниже, чем при получении обычной асфальтобетонной смеси.

Составы асфальтобетонной смеси (бетона), модифицированного серой, использованные в исследовании приводятся в табл. 1.

Таблица 1 – Составы контрольного и модифицированного асфальтобетона

Содержание компонентов, %	Номера составов				
	1	2	3	4	контрольный
Щебень	55	55	55	55	55
Песок	40	40	40	40	40
Минеральный порошок	5	5	5	5	5
Вязущее, % масс: битум	6,8	16	16	30	6,8
	80	60	-	-	100
Техническая сера	20	40	100	100	-

Применение модифицированного асфальтобетона технической серой приводит к:

- улучшению обволакивания вяжущим зерен минеральной смеси;
- ускоренному получению асфальтобетонной смеси.

В табл. 2 представлены физико-механические свойства контрольного и модифицированного асфальтобетона.

Таблица 2 – Физико-механические свойства контрольного и модифицированного асфальтобетона

Наименование показателей	Номера составов				Требования ГОСТа	Контрольный состав
	1	2	3	4		
Предел прочности на сжатие при 20 °С, МПа	2,45	2,91	8,1	6,7	Не менее 2,5	2,13
Предел прочности на сжатие при 50 °С, МПа	0,76	1,37	2,25	2,14	Не менее 1,2	1,21
Средняя плотность асфальтобетона, г/см <sup>3</sup>	2,31	2,35	2,56	2,42	-	1,89
Водопоглощение, % масс	5,72	1,66	2,64	2,11	1,5-4	2,77
Водостойкость	0,59	0,92	0,98	0,89	Не менее 0,9	1,08

Физико-механические свойства модифицированного асфальтобетона технической серой (табл. 2) показывают, что при увеличении содержания серы в асфальтобетоне происходит повышение прочности на сжатие при 20 °С и 50 °С и средней плотности по сравнению с контрольным составом.

Это связано с тем, что техническая сера химически не взаимодействует с битумом в полном объеме, но образует кристаллы, которые и способствуют повышению прочности асфальтобетона [1, 4, 13-17].

Водостойкость и водопоглощение составов № 2-4 отвечает требованиям

ГОСТа и незначительно ниже водостойкости контрольного состава. Наилучшим составом из четырех является № 2. Из табл. 2 видно, что показатели прочности на сжатие состава № 2 превосходят значения контрольного.

### Заключение

Применение технической серы для получения модифицированного асфальтобетона с улучшенными физико-механическими характеристиками позволяет снизить температуру полученной смеси и повысить ее удобоукладываемость. Оптимальным количеством технической серы является 40 % – состав № 2. При введении технической серы, как модифицирующей добавки, наблюдается повышение прочности на сжатие при 20 °С в 1,4 раза и при 50 °С в 1,1 раза. Полученные в ходе исследования данные показывают, что модифицированный технической серой асфальтобетон будет более устойчив к образованию колеи, чем контрольный образец.

### Список литературы

1. Советско-чехословацкое научное сотрудничество по проблеме использования серы в асфальтобетоне / И.А. Плотникова [и др.] // Автомобильные дороги. 1985. № 6. С. 13-15.
2. Об использовании элементарной серы в производстве дорожных битумов / Ю.А. Кутын [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия: сб. науч. тр. ИПНХП. Уфа: Изд-во ИПНХП. 2001. Вып. 33. С. 40-42.
3. Иваньски М. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсным и полимерным компонентами) / М. Иваньски, Н.Б. Урьев. Москва: Техполиграфцентр, 2007. 668 с.
4. Gladkikh V.A. Suppressing the Hydrogen Sulfide and Sulfur Dioxide Emission from Sulfur-bituminous Concrete / V.A. Gladkikh, E.V. Korolev // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 1040. Pp. 387-392.
5. Ле Х.Т. Водостойкость сероасфальтобетона. Результаты исследования и особенности определения / Х.Т. Ле, В.А. Гладких, Е.В. Королев [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 3. С. 39-44.
6. Ласман И.А. Модифицированные асфальтобетонные смеси в конструкциях дорожных одежд / И.А. Ласман, Е.А. Соломников // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 380-382.
7. Ласман И.А. Синтетические волокна для дисперсного и пространственного армирования асфальтобетонного покрытия / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7-9 апреля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 238-242.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

8. Ласман И.А. Экономическая эффективность отечественных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона / И.А. Ласман, З.А. Мевлидинов, Д.Ю. Шкабаро [и др.] // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7-9 апреля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 233-237.

9. Ласман И.А. Повышение морозостойкости и водостойкости дорожных конструкций / И.А. Ласман, Е.А. Соломников, Е.О. Иванов // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 711-713.

10. Ласман И.А. Модификация асфальтобетона бытовым отходом – полиэтиленгликольтерефталатом / И.А. Ласман, Е.А. Соломников, Е.О. Иванов // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск: БГИТУ. 2023. С. 281-283.

11. Ласман И.А. Модификация асфальтобетона наполнителем на основе углерода / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.) Брянск: БГИТУ. 2023. С. 271-276.

12. Борбат В.Ф. Химия серы в технологии промышленных материалов / В.Ф. Борбат, М.А. Елесин, Ф.П. Туренко. Омск: Изд-во «Академия», 2004. 274 с.

13. Фомин А.Ю. Применение серы в производстве дорожно-строительных материалов / А.Ю. Фомин, В.Г. Хозин // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 20-22.

14. Соколов Ю.В. Битумосерные вяжущие и дорожные асфальтобетоны на их основе / Ю.В. Соколов, В.Д. Галдина // Повышение качества материалов дорожного и строительного назначения: сб. науч. тр. Омск: Изд-во СибАДИ. 2001. С. 67-72.

15. Об использовании элементарной серы в производстве дорожных битумов / Ю.А. Кутьин [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия: сб. науч. тр. ИПНХП. Уфа: Изд-во ИПНХП. 2001. Вып. 33. С. 40-42.

16. Каганович Е.В. К вопросу использования серы при строительстве и ремонте автомобильных дорог в Республике Казахстан / Е.В. Каганович, В.С. Курчавов // Вестник КаздорНИИ. 2004. № 1. С. 53-55.

17. Королев Е.В. Серные композиты специального назначения / Е.В. Королев, С.А. Болтышев. Пенза: ПГУАС, 2008. 212 с.

18. Менковский М.А. Технология серы / М.А. Менковский, В.Т. Яворский. Москва: Химия, 1985. 286 с.

19. Ляпина Н.К. Химия и физикохимия сероорганических соединений нефтяных дистиллятов / Н.К. Ляпина. Москва: Наука, 1984. 120 с.

20. Халиуллин А.К. Химия серы / А.К. Халиуллин. Москва: Стройиздат, 1995. 170 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ В ЦЕМЕНТОБЕТОНАХ ДЛЯ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ласман И.А., Шкабаро Данил Ю., Шкабаро Денис Ю.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Представлено исследование влияния комплексной добавки совместно с предварительно активированной водой на свойства цементобетона для оснований автомобильных дорог. В качестве комплексной добавки применялись: микроармирующая, минеральная пуццолановая и водоредуцирующая добавки. Модификация цементобетона значительно повышает прочностные характеристики: прочность на растяжение при изгибе и на сжатие увеличились в 1,4 и 1,5 раз, соответственно. Водопоглощение снизилось в 1,3 раза по сравнению с контрольным составом.*

Постоянное увеличение нагрузки на дорожное полотно и интенсивное движение автотранспорта оказывают влияние на износ автомобильных дорог. В связи с этим целесообразно использовать цементобетонные слои в основаниях дорожных конструкциях, которые обладают повышенными показателями прочности, морозостойкости и имеют длительный срок службы [1].

В свою очередь, повышение долговечности дорожных конструкций является одной из важных задач в условиях знакопеременного климата и повышенной нагрузки от транспорта. В таких условиях автомобильные дороги подвергаются разнообразным физико-механическим воздействиям: перепады температур (от минус 30 °С зимой до плюс 30 °С летом), влажность (попеременное увлажнение-высыхание, замерзание и оттаивание воды в теле бетона), динамические воздействия транспорта и др. Эти воздействия приводят к разрушению как дорожного покрытия, так и нижележащих слоёв основания [2].

Одним из методов повышения срока службы цементобетонных оснований является использование современных химических добавок, а также наполнителей специального назначения. Минеральные наполнители улучшают зерновой состав и микроструктуру цементобетона, а пластифицирующие добавки снижают его водопотребность [3].

Высокодисперсные тонкоизмельченные минеральные добавки, используются в дорожных цементобетонных основаниях для различных целей. К таким добавкам относятся микрокремнезем, зола, метакраолин и др. Метакраолин является более перспективным материалом по сравнению с дорогостоящим микрокремнеземом [4]. Из литературных источников известно, что добавление метакраолина к бетонной смеси показывает улучшение механических характеристик бетона, а также устойчивость к химическим воздействиям. Оптимальной дозировкой авторы считают диапазон от 10 до 15 %.

Авторы также отмечают более высокую скорость набора прочности на сжатие, что является следствием более высокой скорости гидратации [5-6]. Добавки минерального происхождения следует использовать в сочетании с

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

водоредуцирующими добавками для снижения водоцементного отношения и обеспечения необходимой подвижности смеси [7].

Также в настоящее время активно изучается вопрос использования дисперсной арматуры в бетоне оснований. В качестве дисперсного материала могут применяться различные типы волокон, отличающиеся размерами и формой, что приводит к увеличению прочности бетона [8, 9]. Проведённые исследования образцов о взаимодействии метакаолина со стальной фиброй, показали увеличение их прочности на растяжение и сжатие от 12 до 28 % в зависимости от количества вводимой добавки [10, 11]. А также был проведен поиск и анализ информации по использованию более дешевого вида волокна. Одним из таких вариантов является волластонитовая фибра, которая представляет собой природный материал с волокнистой структурой.

Исследования свойств образцов бетона с добавлением волластонитовой микрофибры показали высокую прочность на изгиб и на сжатие [12]. В то же время это приводит к снижению пористости и уплотнению микроструктуры бетона. В одной из работ было выявлено, что добавление волластонита позволяет повысить трещиностойкость бетона, а также имеет экономические и экологические преимущества [13].

Исследование влияния предварительно активированной воды (АВ) на улучшение прочностных характеристик бетона показало, что быстрая химическая реакция (гидратация) частиц цемента в присутствии воды приводит к развитию менее пористой и более компактной микроструктуры. Использование предварительно активированной воды обеспечивает более быстрое схватывание цемента и показывает более высокие значения прочности на сжатие по сравнению с обычным раствором на водной основе на ранней стадии твердения.

Поэтому целью работы является исследование влияние комплексной добавки с предварительно активированной водой на свойства цементобетона для оснований автомобильных дорог.

В качестве сырьевых компонентов при производстве модифицированного цементобетона оснований для автомобильных дорог использовали:

- щебень фракции 5-20 мм, 20-40 мм (ООО «НерудСтройСнаб», г. Брянск);
- песок кварцевый с модулем крупности  $M_k = 1,8$  (ООО «НерудСтрой Снаб», г. Брянск);
- портландцемент марки ЦЕМ I 32,5Н Д0 (ООО «СТРОЙКА РУ» г. Белгород);
- питьевая вода с  $pH = 7,1$ ;
- комплексная добавка: метакаолин (МТК), суперпластификатор Master Glenium 115, волластонит (ООО «Альянс-Строительные Технологии» г. Дзержинский).

В качестве комплексной добавки применялись: микроармирующая добавка, минеральная пуццолановая и водоредуцирующая добавки.

Минеральная пуццолановая добавка – метакаолин (МТК), искусственный порошкообразный материал, полученный в результате обжига с последующим помолом обогащенных каолиновых глин. МТК легко смешивается и дает мягкую пластичную консистенцию, с которой удобно работать. В России имеются

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

месторождения каолиновой руды, поэтому производство этой добавки является перспективным. Особенностью МТК является его способность связывать большое количество свободной извести в виде устойчивых кристаллогидратов.

С целью уменьшения количества воды, экономии количества цемента без потери прочности бетона, а также повышении адгезии использовали суперпластифицирующую добавку на основе поликарбоксилатного эфира Master Glenium 115.

В качестве микроармирующей добавки – дисперсный наполнитель волластонит, природный силикат кальция подкласса пироксеноидов.

Вода была активирована в электролизере «Мелеста-М», что позволило увеличить рН воды с 7,1 до 10. Можно полагать, что процессы гидролиза и гидратации происходят более интенсивно за счёт применения предварительно активированной воды.

Сырьевые компоненты модифицированного цементобетона для оснований исследовали в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Были разработаны составы сырьевых композиций для получения модифицированного цементобетона оснований, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Составы модифицированного цементобетона для оснований

Состав №.	Портландцемент	Песок	Щебень фракции 5-20	Щебень фракции 20-40	Метакралин	Суперпластификатор	Волластонит	Вода	Активированная вода
1 (К)	+	+	+	+	-	-	-	+	-
2	+	+	+	+	+ (10 %)	+ (0,9 %)	-	+	-
3	+	+	+	+	+ (10 %)	+ (1,2 %)	-	+	-
4	+	+	+	+	+ (15 %)	+ (0,9 %)	-	+	-
5	+	+	+	+	+ (10 %)	+ (1,2 %)	+ (1 %)	+	-
6	+	+	+	+	+ (10 %)	+ (1,2 %)	+ (1 %)	-	+

Примечание: где «+» означает, что материалы были использованы, а «-» – что материалы не были использованы.

Из полученных модифицированных бетонных смесей были изготовлены кубы размерами 10×10×10 см и призмы квадратного сечения размерами 10×10×40 см. Образцы твердели в нормальных условиях в течение 28 суток и подвергались испытаниям.

В табл. 2 представлены результаты исследования физико- механических свойств модифицированного цементобетона оснований.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Таблица 2 – Физико-механические свойства модифицированного цементобетона оснований

Наименование показателя, единица измерения	Состав бетона					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2232	2232	2232	2292	2321	2354
Прочность на растяжение при изгибе, МПа, в возрасте 28 суток	1,6	1,9	1,8	2,1	2,2	2,3
Прочность на сжатие, МПа, в возрасте 28 суток	11,7	14,6	13,8	15,8	16,3	17,6
Класс бетона (по результатам испытаний по прочности на растяжение при изгибе)	B <sub>tb</sub> 1,6	B <sub>tb</sub> 1,6	B <sub>tb</sub> 1,6	B <sub>tb</sub> 2,0	B <sub>tb</sub> 2,0	B <sub>tb</sub> 2,0
Класс бетона (по результатам испытаний по прочности на сжатие)	B7,5	B10	B10	B12,5	B12,5	B12,5
Марка бетона	100	150	150	150	150	150
Водопоглощение, %	4,2	3,7	3,9	3,5	3,4	3,2

По результатам испытаний составов (рис. 1-3) можно сделать вывод, что применение минеральной пуццолановой добавки – метакеолина в бетонной смеси в сочетании с пластифицирующей добавкой значительно повышает прочностные характеристики (составы № 2-4).

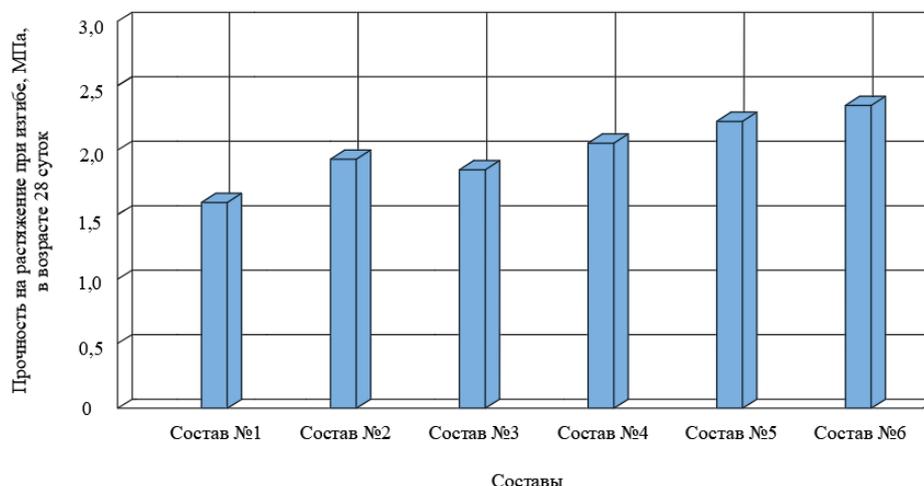


Рис. 1. Результаты испытаний на прочность на растяжение при изгибе составов № 1-6

При добавлении метакеолина в количестве 15 % по массе цемента в сочетании с суперпластификатором 0,9 % (состав № 4) наблюдается максимальный прирост прочности бетона на растяжение при изгибе на 31 % и рост показателя прочности на сжатие на 35 % по сравнению с контрольным составом. Добавление микроармирующей добавки – дисперсного наполнителя волластонита (состав № 5), привело к увеличению показателя прочности на растяжение при изгибе на 37 %, прочности на сжатие на 40 % от контрольного состава. При включении в состав № 5 предварительно активированной воды (состав № 6) показатель прочности на растяжение при изгибе и показатель

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

прочности на сжатие увеличился на 43 % и 50 %, соответственно, по сравнению с контрольным.

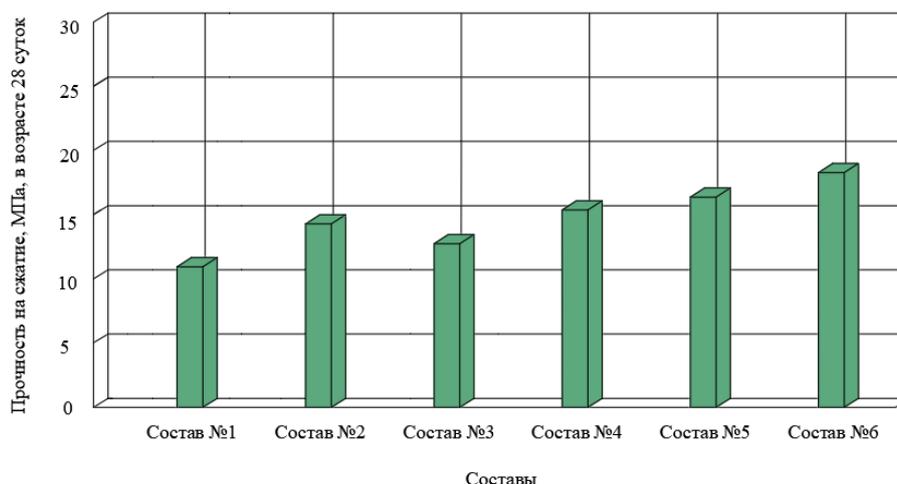


Рис. 2. Результаты испытаний на прочность при сжатии составов № 1-6

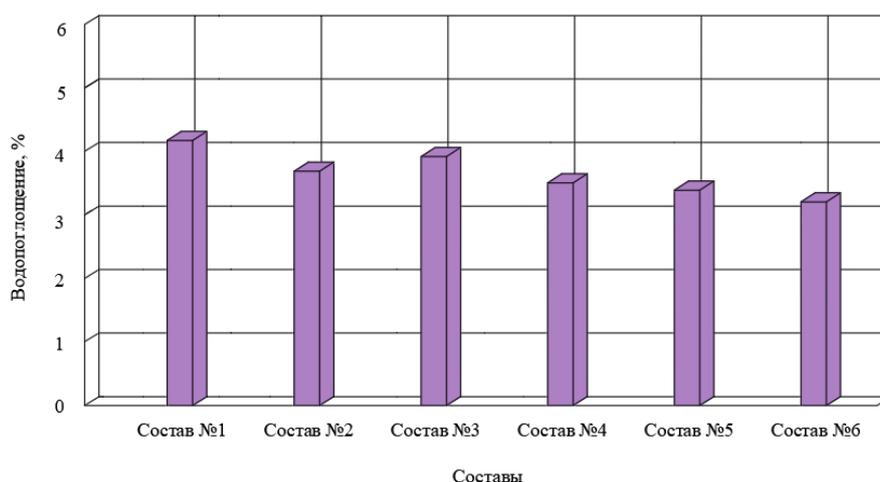


Рис. 3. Результаты испытаний на водопоглощение составов № 1-6

### Заключение

По результатам испытаний было установлено, что применение комплексной добавки в сочетании с предварительно активированной водой значительно повышает прочностные характеристики цементобетона для оснований автомобильных дорог (состав № 6). Показатель прочности на растяжение при изгибе и показатель прочности на сжатие увеличился на 43 % и 50 %, соответственно, по сравнению с контрольным составом. Такой цементобетон обладает самым низким водопоглощением (3,2 %) из разработанных составов по сравнению с контрольным (4,2 %).

Увеличение прочностных характеристик происходит за счет комплексного взаимодействия сырьевых компонентов с добавками-модификаторами, обладающими хорошей адгезией к цементному камню, снижающими пористость цементного камня и обеспечивающими микродисперсное армирование цементобетона для оснований автомобильных дорог.

Список литературы

1. Левкович Т.И. Разработка и исследование свойств составов цементофибробетонов для дорожного строительства / Т.И. Левкович, Н.И. Токар, З.А. Мевлидинов [и др.] // Вестник Евразийской науки. 2021. Т. 13. № 1. С. 11-25.
2. Nuguzhinov Z. Изучение причин обрушения наземной парковки открытого типа в Нур-Султане / Z. Nuguzhinov, D. Tokanov, G. Tazhenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 953 (1). Pp. 1-11.
3. Ласман И.А. Модифицированные цементобетонные смеси для дорожного строительства / И.А. Ласман, Р.М. Шинко // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2023. С. 398-400.
4. Kim H.-S. Прочностные свойства и аспекты долговечности высокопрочного бетона с использованием корейского метаксаолина / H.-S. Kim, S.-H. Lee, H.-Y. Moon // Construction and Building Materials. 2007. Vol. 21 (6). Pp. 1229-1237.
5. Curcio F. Метаксаолин как пуццолановый микронаполнитель для высокоэффективных растворов / F. Curcio, B.A. DeAngelis, S. Pagliolico // Cement and Concrete Research. 1998. Vol. 28 (6). Pp. 803-809.
6. Bright Singh S. Влияние метаксаолина на свойства бетона / S. Bright Singh, M. Murugan // Construction and Building Materials. 2022. Vol. 346. Pp.1-20.
7. Hsu K.-C. Влияние добавления суперпластификатора на адсорбцию цемента и обрабатываемость бетона / K.-C. Hsu, J.-J. Chiu, S.-D. Chen // Cement and Concrete Composites. 1999. Vol. 21 (6). Pp. 425-430.
8. Liu J. Влияние минеральных нановолокон на физические свойства дорожного цементобетонного материала / J. Liu, H. Chen, B. Guan [et al.] // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 190. Pp. 287-293.
9. Kalpna K. Использование дискретного волокна в дорожном строительстве / K. Kalpna, S.S. Goliya // MaterialsToday: Proceedings. 2022. Vol. 65. Part 2. Pp. 1856-1860.
10. Lakhvir K. Смешанное влияние включения стальной фибры (SF) и метаксаолина (МК) на механические свойства бетона / K. Lakhvir // MaterialsToday: Proceedings. 2022. Vol. 65. Part 8. Pp. 3449-3452.
11. Ibragimov R. Влияние металлической и полипропиленовой фибры на технологические и физико-механические свойства активированных цементных композиций / R. Ibragimov, R. Bogdanov, E. Korolev // Case Studies in Construction Materials. 2022. Vol. 16. Pp.1-14.
12. Abhishek J. Исследование самоуплотняющегося бетона с микрофиброй волластонита в качестве частичной замены песка для бетона дорожного основания / J. Abhishek, R.N. Ransinchung, K. Praveen // International Journal of Transportation Science and Technology. 2020. Vol. 9 (2). Pp. 170-181.
13. Soliman A.M. Исследование влияния микрофибры из волластонита на цементобетон в раннем возрасте / A.M. Soliman, M.L. Nehdi // Cement and Concrete Composites. 2014. Vol. 46. Pp 81-89.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ УКАТЫВАЕМЫХ МАЛОЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Ласман И.А., Шкабаро Денис Ю., Шкабаро Данил Ю.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Использование отхода переработки фосфатного сырья и суперпластификатора для получения укатываемых малоцементных бетонов позволяет повысить прочность при растяжении на изгиб в 1,3 раза, прочность на сжатие в 1,2 раза, а также уменьшить водопоглощение в 1,2 раза, по сравнению с контрольным составом.*

Автомобильные дороги являются основой экономического развития регионов Российской Федерации. С ростом инфраструктуры и городского населения увеличивается потребность в строительстве качественных автомобильных дорог. Поэтому при проектировании и строительстве автомобильных дорог необходимо использование новых технологий и сырьевых материалов. Для получения высококачественных дорожных конструкций применение оснований из укатываемого малоцементного бетона позволит частично обеспечить прочную, устойчивую и долговечную платформу дорожного покрытия [1-2].

Укатываемый малоцементный бетон для основания дорожной конструкции представляет собой цементобетон с низким содержанием портландцемента и воды, но с повышенными порциями песка и гравия, который уплотняется при помощи дорожного катка.

Применение отходов промышленных предприятий при производстве укатываемого малоцементного бетона способствует снижению себестоимости строительства автомобильной дороги [3].

Этот подход к утилизации промышленных отходов решает проблемы экологии и одновременно открывает новые перспективы для развития строительной отрасли [4-5].

Строительство дорог из отходов переработки фосфатного сырья, является перспективным направлением, поскольку эти материалы, ранее считавшиеся отходами, становятся ценным строительным ресурсом [6-10].

Цель работы – изучение влияния отходов переработки фосфатного сырья на эксплуатационные свойства укатываемых малоцементных бетонов для оснований дорожных одежд.

В качестве исходных сырьевых материалов для изготовления образцов из модифицированного укатываемого малоцементного бетона применяли:

- щебень фракции 5-20 мм (ООО «Спектр Брянск Строй», г. Брянск);
- песок кварцевый (ПК) с модулем крупности  $M_k = 1,82$  (ООО «Песок132», г. Брянск);
- портландцемент (ПЦ) марки ЦЕМ I 42,5Н (ООО «БрянскЦемРегион»,

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

г. Брянск);

- пластифицирующая добавка «АрмМикс СУПЕРПЛАСТ» (СП);
- питьевая вода с рН = 7,2;
- отход переработки фосфатного сырья (ОПФС) в виде растворимого порошка («ФОСФОГИПС-ТЕХНОЛОГИЯ», г. Екатеринбург).

В качестве добавки-модификатора использовали фосфогипс (6 %, 12 % и 18 %) и пластифицирующая добавка «АрмМикс СУПЕРПЛАСТ» (1 %).

Модифицированную укатываемую малоцементную бетонную смесь приготавливали в лабораторном смесителе принудительного действия. На лабораторной виброплощадке СМЖ-539 были изготовлены кубы и призмы квадратного сечения размерами 100×100×100 мм и 100×100×400 мм. После твердения образцов их подвергали испытанию по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 18105-2018.

В табл. 1 и на рис. 1-3 представлены результаты испытаний образцов из модифицированной укатываемой малоцементной бетонной смеси.

Таблица 1 – Прочностные показатели образцов из модифицированной укатываемой малоцементной бетонной смеси

Наименование и номер состава	Прочность на сжатие, МПа			Прочность на растяжение при изгибе, МПа		
	в возрасте (сутки)			в возрасте (сутки)		
	7	14	28	7	14	28
Контрольный	10,8	12,3	14,8	1,87	2,02	2,37
Состав 1 (ОПФС 6 % + СП 1 %)	11,1	13,6	16,9	1,89	1,99	2,65
Состав 2 (ОПФС 12 % + СП 1 %)	11,2	15,5	18,6	1,93	2,45	2,92
Состав 3 (ОПФС 18 % + СП 1 %)	10,3	13,1	16,2	1,85	2,01	2,34

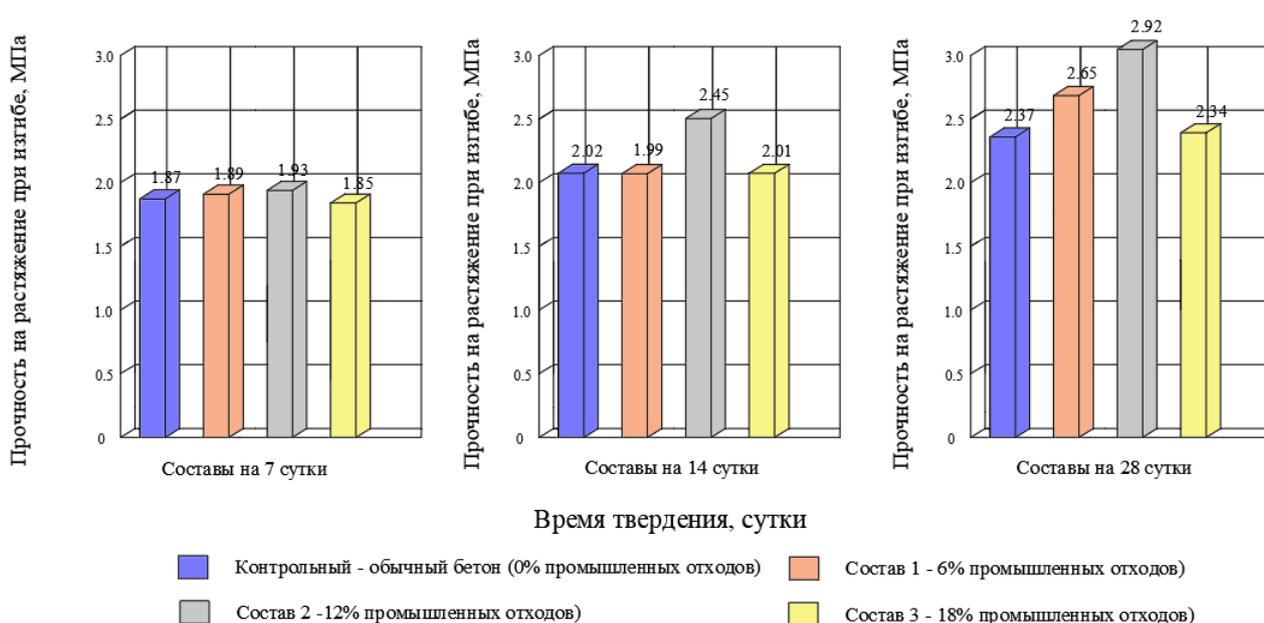


Рис. 1. Изменение прочности на растяжении при изгибе в зависимости от времени твердения

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

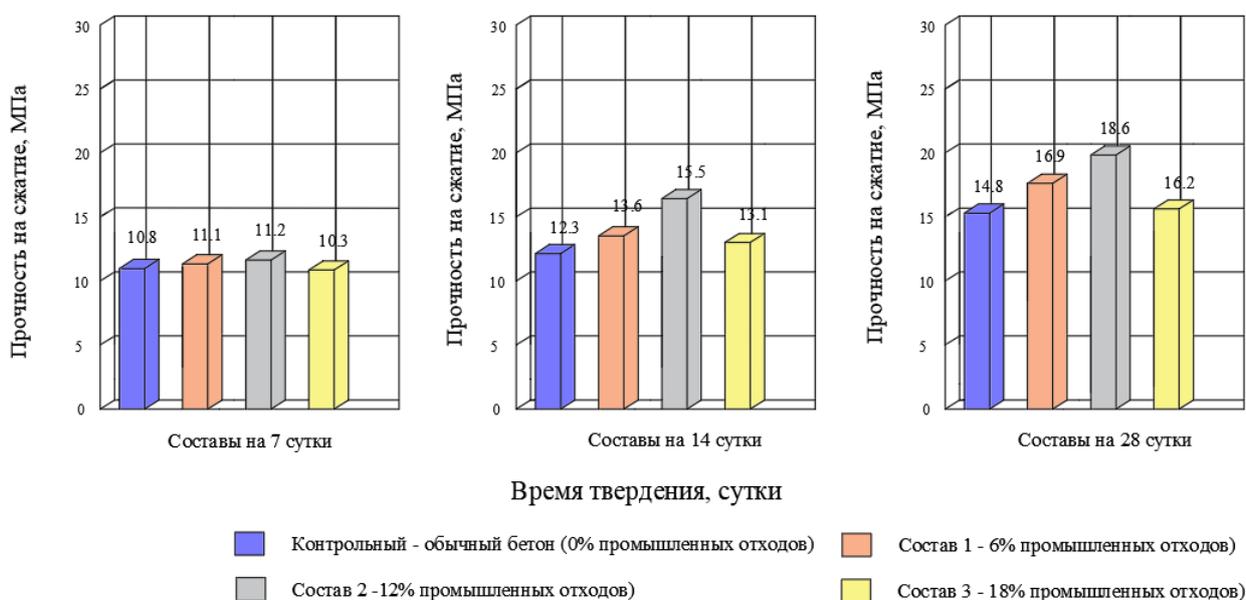


Рис. 2. Изменение прочности на сжатие в зависимости от времени твердения

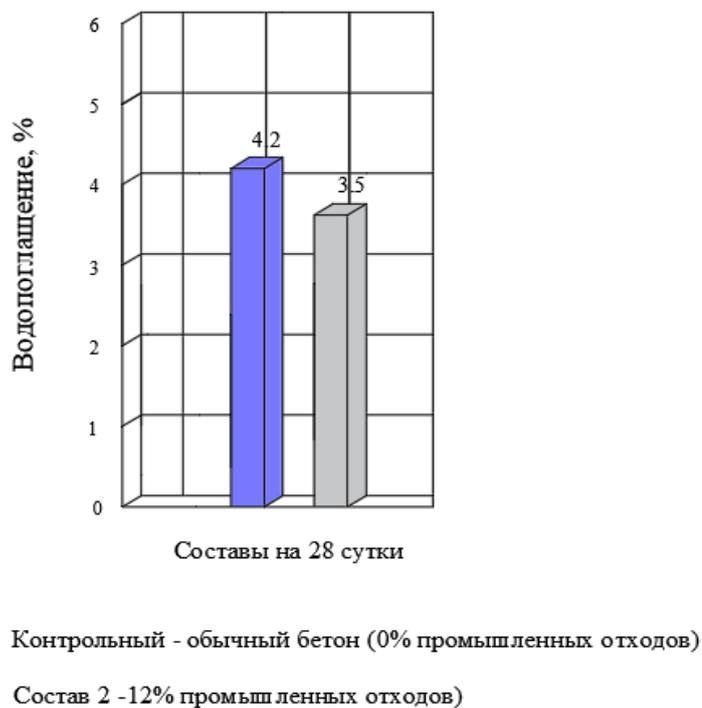


Рис. 3. Результаты испытания на водопоглощение состава 2

В табл. 2 представлены физико-механические свойства модифицированного укатываемого малоцементного бетона.

При введении в укатанную малоцементную бетонную смесь добавок СП (1 %) и ОПФС в количестве 6 %, 12 % и 18 % по сравнению с контрольным составом было установлено:

- при 6 % добавки прочность на растяжение при изгибе повысилась на 11,8 %, прочность на сжатие увеличилась на 14,2 %;
- при 12 % добавки прочность на растяжение при изгибе повысилась на

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

23,2 %, прочность на сжатие увеличилась на 25,7 %, водопоглощение понижается на 16,7 %, а плотность возросла на 2,9 %;

- при 18 % добавки прочность на растяжение при изгибе уменьшилась на 1,3 %, прочность на сжатие увеличивается на 9,5 %.

Анализ полученных результатов испытаний показал, что наилучшим является состав 2 с содержанием добавок-модификаторов на основе отхода производства фосфатного сырья (12 %) и суперпластификатора (1 %).

Таблица 2 – Физико-механические свойства модифицированного укатываемого малоцементного бетона

Наименование показателя, единица измерения	Состав укатываемого бетона	
	контрольный	состав 2
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2215	2280
Водопоглощение, %	4,2	3,5
Прочность на растяжение при изгибе, МПа, в возрасте 28 суток	2,37	2,92
Класс бетона на растяжение при изгибе	B <sub>тб</sub> 2,0	B <sub>тб</sub> 2,4
Класс бетона на сжатие	B12,5	B15
Прочность на сжатие, МПа, в возрасте 28 суток	14,8	18,6
Марка бетона	150	200

### Заключение

Использование суперпластификатора и отхода переработки фосфатного сырья в укатываемых малоцементных бетонах в количестве 12 % позволяет:

- увеличить прочность при растяжении на изгиб на 23,2 % и прочность на сжатие на 25,7 %;

- уменьшить водопоглощение на 16,7 % по сравнению с контрольным составом.

При дальнейшем увеличении количества добавки отхода переработки фосфатного сырья – прочностные характеристики снижаются.

Применение отхода переработки фосфатного сырья способствует расширению сырьевой базы для производства дорожно-строительных материалов, снижению затрат на их утилизацию и уменьшению воздействия на окружающую среду.

### Список литературы

1. Dhinakaran S. Экспериментальное исследование бетона с промышленными отходами / S. Dhinakaran, R. Mercy Shanthi // International Journal on Emerging Researches in Engineering Science and Technology. 2015. Pp. 1-4.

2. Folek S. Использование промышленных отходов в дорожном

строительстве / S. Folek, B. Walawska, B. Wilczek [et al.] // Polish Journal of Chemical Technology. 2011. Vol. 13 (2). Pp. 18-22.

3. Taha R. Использование побочных промышленных отходов в дорожном строительстве / R. Taha, R.K. Seals, M.E. Tittlebaum [et al.] // Transportation Research Record. 1992. Pp. 28-28.

4. Самойлова В.С. Модифицированный «тощий» бетон для устройства оснований в комбинированных дорожных одеждах / В.С. Самойлова, И.А. Ласман, З.А. Мевлидинов // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-11 февраля 2023 г.). Брянск: БГИТУ. 2023. С. 708-710.

5. Ласман И.А. Цементобетон для дорожного строительства, модифицированный мелкодисперсной анионоактивной битумной эмульсией / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск: 2023. С. 271-276.

6. Ласман И.А. Сталешлаковый «тощий» бетон / И.А. Ласман, Р.М. Шинко, В.С. Самойлова // Инновации в строительстве-2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 6-8 апреля 2023 г.). Брянск: 2023. С. 284-287.

7. Ласман И.А. Особенности проектирования, укатываемого («тощего») бетона для оснований в конструкциях дорожных одежд / И.А. Ласман, В.С. Ласман Д.В., Музалёв // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2021 г.). Брянск: БГИТУ. 2021. С. 520-523.

8. Ласман И.А. Модифицированные цементобетонные смеси для дорожного строительства / И.А. Ласман, Р.М. Шинко // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 9-13 февраля 2022 г.). Брянск: БГИТУ. 2022. С. 398-400.

9. Ласман И.А. «Тощий» бетон для оснований дорожных одежд, модифицированный комплексной добавкой / И.А. Ласман, Данил Ю. Шкабаро, Денис Ю. Шкабаро // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 7-10 февраля 2024 г.). Брянск: БГИТУ. 2024. С. 642-646.

10. Ласман И.А. Эффективное применение промышленных отходов в укатываемых малоцементных бетонах для оснований дорожных одежд / И.А. Ласман, Денис Ю. Шкабаро, Данил Ю. Шкабаро // Актуальные вопросы, науки, техники, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. (Брянск, 7-10 февраля 2024 г.). Брянск: БГИТУ. 2024. С. 646-649.

## **ОБ ИССЛЕДОВАНИИ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ МОНОЛИТНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОНОВ ДЛЯ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДОБАВОК И СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ**

Левкович Т.И., Левкович И.Ф., Биц К.П., Марин Д.Е.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматривается применение разных видов добавок и суперпластификаторов, изменяющих свойства монолитных цементобетонов, применяемых при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог.*

Авторами статьи на кафедре «Автомобильные дороги» БГИТУ были проведены исследования свойств монолитных цементобетонов с использованием различных видов добавок и суперпластификаторов.

Цементобетонные покрытия относят к одному их наиболее долговечных типов конструкций дорожных одежд. Их расчетный срок службы составляет не менее 25- 30 лет. Долговечность цементобетонных покрытий в значительной степени определяется тем, насколько свойства цементобетона соответствуют условиям работы конструкции [1, 2].

Для повышения некоторых свойств цементобетонов применяют различные виды добавок, суперпластификаторов, а также меняют традиционный состав цементобетонной смеси и технологию изготовления цементобетонных смесей. В некоторых случаях при приготовлении цементобетонных смесей вначале производят активацию цемента.

Современные добавки, используемые в цементобетонных смесях, позволяют получать дорожные цементобетоны повышенной прочности, плотности, морозостойкости и водостойкости [1, 2].

В настоящее время на строительных рынках распространены разные виды суперпластификаторов. Их можно классифицировать по двум признакам: по природе материалов, входящих в их состав, и по основному эффекту механизма воздействия их на цементобетонные системы.

Основное большинство добавок – это комплексные составы. Они обеспечивают не только базовый эффект, но и придают цементобетону дополнительные свойства. К таким добавкам можно отнести суперпластификатор CemBase производства СЕММIX.

Суперпластификатор сочетает в себе пластифицирующие свойства наряду с другими. Конкретнее, CemBase является не только пластификатором, но и гидрофобизатором, а также ускорителем набора прочности бетона

Для увеличения прочности при изгибе и повышения стойкости при разных видах нагрузок, воздействующих на дорожную одежду автомобильных дорог от проезжающего по ней автомобильного транспорта, обычно рекомендуется модифицирование цементобетонной смеси (цементного камня) комплексной добавкой на основе алифатических эпоксидных смол.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

К таким добавкам модификаторам-суперпластификаторам можно отнести: ДЭГ-1, ТЭГ-1 и другие.

ДЭГ-1 – модификатор-суперпластификатор. Он обладает свойствами активного разбавителя смол, придаёт им эластичность, ударную вязкость и текучесть. ДЭГ активно адсорбируется на поверхности гидратирующихся зерен цемента, замедляет процессы гидратации и способствует образованию аморфизированной структуры цементного камня. Это в свою очередь повышает подвижность цементобетонной смеси, улучшает ее удобоукладываемость (способность занимать требуемую форму конструкции или опалубки), позволяет снизить трудовые затраты при укладке бетонной смеси, а также получить более плотный цементобетон с меньшим количеством воздушных пор и уменьшением их диаметра. Использование суперпластификатора ДЭГ-1 способствует получению цементобетонов с повышенной прочностью при изгибе и растяжении, повышает их морозостойкость и водонепроницаемость.

Суперпластификатор ТЭГ-1 – это продукт конденсации триэтиленгликоля с эпихлоргидрином. Молекулы алифатической эпоксидной смолы ТЭГ, в сравнении с ДЭГ, имеют повышенную молекулярную массу, большие размеры и меньшее количество гидроксильных групп, что обуславливает меньшую величину адсорбции ее молекул на поверхности гидратных соединений. В результате этого процесс гидратации не замедляется, новообразования цементного камня более закристаллизованы, мелкодисперсны и имеют основность  $\text{CaO/SiO}_2 = 2,4-2,6$ .

Для проведения исследований были использованы следующие материалы:

- суперпластификатор на нафталиноформальдегидной основе (далее типа С-3);
- суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов «Melflux 2651 F»;
- алифатическую эпоксидную смолу – диэтиленгликоль (ДЭГ);
- триэтиленгликоль (ТЭГ).

С целью выбора оптимального количества вводимых в смесь смолы и пластификатора и дальнейшей оценки их совместимости была принята дозировка смолы – 1 %.

Дозировки пластификаторов подбирали на одинаково подвижных цементно-песчаных смесях при глубине погружения конуса в них 8-12 см. Дозировка С-3 составила 0,8 % от массы вяжущего, а Melflux 2651 F – 0,3 %.

После проведения испытаний образцов были получены следующие результаты, приведенные в табл. 1, показывающие влияние пластификаторов на прочность цементного камня.

Результаты проведенных испытаний образцов свидетельствуют о том, что использование смол в некоторой степени замедляет набор прочности цементного камня, особенно в возрасте до 7 суток. Из полученных данных видно, что комплексная добавка ДЭГ фактически не снижает прочностных характеристик в марочном возрасте цементного камня. Комплекс с ТЭГ позволяет получить бетоны более высоких прочностных характеристик по сравнению с комплексной добавкой ДЭГ.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Таблица 1 – Прочность при сжатии образцов с использованием различных видов пластификаторов

Состав смеси	Прочность при сжатии, $R_{сж}$ , МПа			
	1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
Цемент (без добавок)	36	49	55	61
Цемент + С-3	48	61	65	78
Цемент + Melflux	51	69	74	83
Цемент + ДЭГ	26	30	39	42
Цемент + ТЭГ	25	38	42	48

### Заключение

Добавка С-3 повышает прочность цементного камня. Совместно со смолами эта добавка практически полностью компенсирует замедление роста прочности цементного камня только со смолами. При этом образцы с добавкой С-3 во всех случаях не имели усадочных трещин.

На изменение прочности цементобетона на растяжение при изгибе большое влияние оказывает совместное введение в цементобетонную смесь суперпластификатора и смолы (С-3 + ДЭГ). Чем больше вводится в цементобетонную смесь такой добавки, тем ниже у образцов становится прочность на сжатие, но увеличивается прочность на растяжение при изгибе.

Смола ТЭГ также влияет на набор бетоном наибольшей прочности на растяжение при изгибе. Максимальное значение прочности при изгибе было достигнуто при введении в цементобетонную смесь 1 % смолы и 1 % С-3.

Проведенные испытания образцов показали возможность увеличения прочности цементобетона на растяжение при изгибе почти в два раза по сравнению с прочностью контрольных образцов цементобетона (без добавки смол).

### Список литературы

1. Левкович Т.И. О новых бетонных смесях для покрытий автомобильных дорог / Т.И. Левкович, З.А. Мевлидинов, К.И. Гуськов [и др.] // Европейские научные исследования: сб. статей III междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 23 сентября 2017 г.). Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». 2017. С. 45-48.

2. Левкович Т.И. О возможности возрождения строительства монолитных цементобетонных и железобетонных покрытий автомобильных дорог в Брянской области / Т.И. Левкович, В.А. Кульбаков, П.С. Миренков // Научный альманах (Science Almanac). 2020. № 1 (63). С. 25-28.

## **ОБ УКРЕПЛЕНИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗНЫХ ВИДОВ ГРУНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОСНОВАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Левкович Т.И., Сковпень И.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматривается применение разных видов грунтов, укрепленных и стабилизированных различными видами добавок. На основании выполненных исследований и проведенных испытаний, сделан вывод о том, что использование модификатора «ДорЦем ДС1» повышает прочностные показатели укрепленных грунтов, увеличивает их прочность, упругость, трещиностойкость и морозостойкость.*

В настоящее время значение в дорожном строительстве имеет использование местных материалов, в том числе грунтов и отходов промышленности. Их применяют тех районах, где дорожные организации испытывают дефицит щебня для устройства дорожных одежд. При использовании грунтов их укрепляют и (или) стабилизируют [1-4].

Стабилизировать свойства грунтов можно и в основании будущих насыпей земляного полотна. Это выполняют, чтобы повысить несущую способность грунтов, уменьшить их просадку, увеличить морозостойкость основания, уменьшить проникновение влаги в тело земляного полотна.

Также можно укреплять и верхние слои земляного полотна, чтобы на них в дальнейшем строить дорожную одежду автомобильной дороги.

Технология укрепления и стабилизации грунтов уменьшает количество применяемых дорожно-строительных материалов, сокращает транспортные перевозки и сроки строительства.

Для укрепления (стабилизации) грунтов можно использовать различные виды неорганических (цемент, известь, шлаки) и органических (битум, битумная эмульсия, смолы, полимерные эмульсии) вяжущих. Лучшие показатели прочности дает их комплексное применение, по сравнению с применением только неорганических или только органических вяжущих.

Рекомендуется укреплять грунты оптимального состава. Грунты оптимального состава требуют меньшего расхода вяжущих материалов. Грунтом оптимального состава называют грунты, содержащие 7-14 % глинистых частиц, 15-35 % пылеватых и не менее 55 % песчаных.

В существующих грунтовых карьерах нашей Брянской области очень редко можно обнаружить грунты оптимального состава. Поэтому их нужно предварительно готовить.

Для этого в дорожных лабораториях необходимо вначале проверить состав грунта, взятого из нескольких грунтовых карьеров. Методом грунтового треугольника необходимо определить область грунтов оптимального состава и

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

назначить рецепт. Затем на грунтовый треугольник необходимо нанести составы грунтов, взятых в каждом карьере.

После этого, согласно назначенному рецепту определить в каком количестве необходимо доставить грунт из каждого карьера, чтобы приготовить необходимое количество укрепленного грунта. Причем из карьера грунта, в котором он ближе к составу рецепта, берут грунта больше, чем из других карьеров.

Песчаные грунты требуют повышенного расхода вяжущих (цементов) по сравнению с грунтами оптимального состава. Хорошо поддаются укреплению и стабилизации мелкие и пылеватые пески.

Проблема укрепления (стабилизации) глинистых грунтов для превращения их в полноценный строительный материал имеет большое значение в дорожном строительстве. Но производство работ по их укреплению и стабилизации намного сложнее, по сравнению с укреплением грунтов оптимального состава и даже песчаных.

Глинистых грунтов в России и Брянской области намного больше, чем песчаных. Объем песчаных грунтов составляет всего лишь около 5 % по сравнению с другими видами грунтов в нашей стране.

Грунты, используемые для устройства оснований и подлежащие стабилизации (укреплению), предварительно подвергают размельчению, в связи с чем их структура отличается размером и содержанием агрегатов, которые по-разному ведут себя при увлажнении и уплотнении.

Согласно требованиям СП 7813330-2012 песчаные грунты перед их укреплением (стабилизацией) на дороге измельчают за 1-2 прохода дорожной фрезы по одному следу, глинистые грунты – за 2-3 прохода. Размеры и прочность агрегатов в процессе размельчения и перемешивания их с водой и вяжущими непостоянны.

При укреплении грунтов различными вяжущими получают новую структуру (цементогрунт, битумоцементогрунт и т.п.) с заранее заданными свойствами.

Согласно рецепту, производят перемешивание или смешивание в рационально подобранных соотношениях грунта, цемента и воды или извести, цемента, грунта, и воды и т.д. После приготовления смеси смешением на дороге, ее необходимо немедленно уплотнить и произвести уход.

Смесь должна набирать проектную прочность в благоприятном тепло-влажностном режиме. Уход за грунтами, укрепленными основным вяжущим – цементом, заключается в нанесении на уплотненную поверхность пленкообразующего материала (помароли или битумной эмульсии, осветленной известью).

СП 7813330-2012 рекомендует при отсутствии битумной эмульсии использовать слой песка или супеси толщиной 5-6 см при их наличии.

Глинистые частицы грунтов подобно пуццолановым добавкам замедляют

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

процесс набора прочности цементного теста, поэтому уходу за укрепленными глинистыми грунтами следует уделять большое значение в течение длительного времени.

Из-за сложности длительного ухода за конструктивным слоем из укрепленного минеральными вяжущими глинистого грунта, СП 7813330-2012 разрешает через сутки по укрепленному слою устраивать вышележащие слои дорожной одежды.

На рис. 1 приведена технология promeshивания грунта и полный технологический процесс укрепления грунтов.

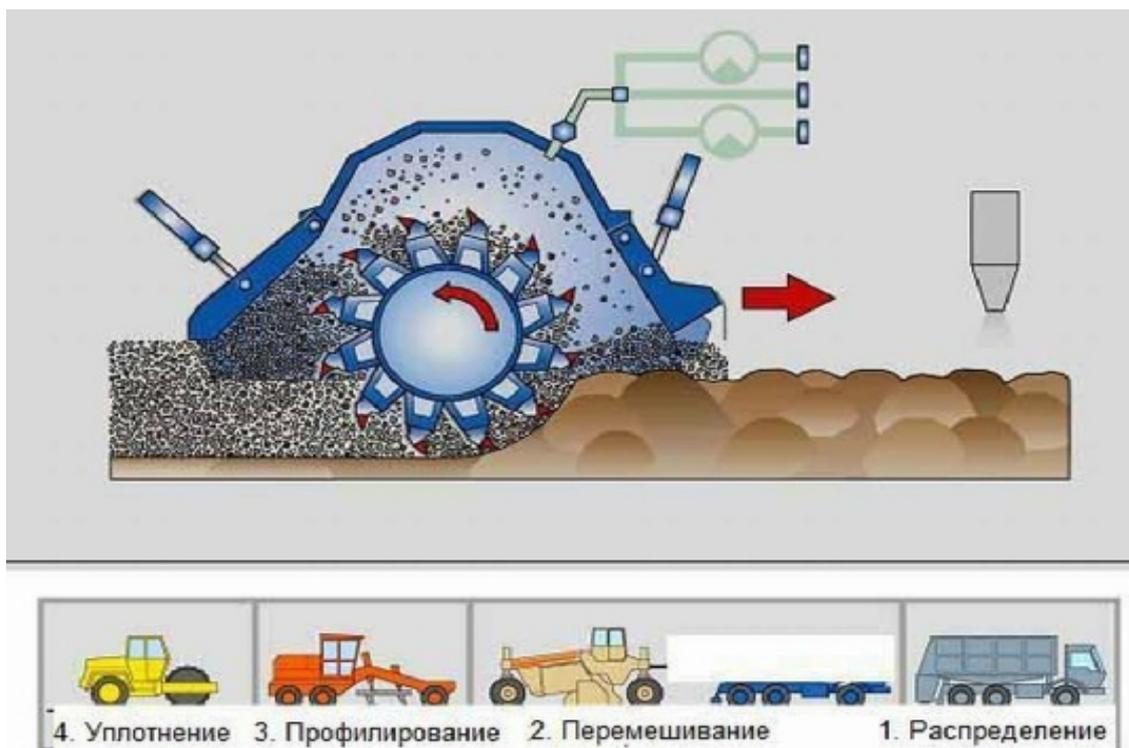


Рис. 1. Технология promeshивания грунта и полный технологический процесс укрепления грунтов

При укреплении глинистых грунтов в обязательном порядке у грунта, взятого из грунтового карьера, определяют число пластичности. Его определяют по ГОСТ 5180. Для устройства дорожных и аэродромных оснований из укрепленных глинистых грунтов, стабилизированных методом смешения на дороге, грунты должны иметь число пластичности не более 22. Укрепление глинистых грунтов битумными эмульсиями не допускается.

При подборе составов для укрепления (стабилизации) глинистых грунтов также определяют оптимальную влажность. Определение оптимальной влажности необходимо проводить не только у глинистых грунтов, но и у грунтов любого состава, подверженных в дальнейшем укреплению или стабилизации. Вяжущее всегда добавляется сверх массы грунта. Добавки вводят в процентах по отношению к основному вяжущему.

Причем при смешивании грунта с вяжущими «на дороге», добавки вводят

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

в грунт всегда первыми. Их тщательно перемешивают с грунтом, а затем вводят основное вяжущее и опять тщательно перемешивают. После выполнения этих процессов производят планировку (разравнивание) и после планировки – уплотнение.

При укреплении грунтов неорганическим вяжущим – портландцементом рекомендуется в качестве добавок использовать:

- различные виды суперпластификаторов, битумную эмульсию, жидкий битум, шлаки, золы уноса сухого отбора и т.п.;
- при укреплении грунтов битумной эмульсией или жидким битумом – неорганические добавки (портландцемент, шлаки и т.д.).

Использование шлаков в строительстве началось в нашей стране в послевоенные годы. Но до последних лет было незначительным по отношению к объемам получаемого шлака.

В строительстве, в том числе и в дорожном, наибольшее применение в настоящее время получают доменные шлаки черной металлургии.

Несмотря на универсальность металлургических шлаков, определять области их применения нужно, исходя из природы шлаковых расплавов. В этом случае ценные свойства шлаков будут полностью использованы.

При укреплении песчаного грунта или грунта оптимального состава с использованием органических вяжущих с добавкой извести, сначала грунт должен быть обработан известью и только через 12-14 ч смесь грунта с известью обрабатывают органическим вяжущим.

При укреплении грунта органическим вяжущим с добавкой цемента уход за уложенным слоем должен быть аналогичен укреплению грунта только цементом. Причем расход воды до оптимальной влажности ведут с учетом «влаги» в битуме или битумной эмульсии.

Грунты, укрепленные смолобитумным вяжущим (битумная эмульсия – эмульсированное вяжущее 40 % и карбамидная смола 60 %), применяют для устройства покрытий на дорогах IV и III категорий и верхних слоев основания под асфальтобетонные покрытия.

Укрепление грунтов органическими вяжущими осуществляется так же, как и минеральными вяжущими, способами смешения на земляном полотне дорожной фрезой или однопроходной грунтосмесительной машиной, а также в карьере в стационарной грунтосмесительной установке.

Смесь, приготовленную в стационарной установке, распределяют самоходными распределителями, можно автогрейдерами. Следующим технологическим процессом уплотнение самоходными комбинированными катками или катками на пневматических шинах. После уплотнения осуществляют «уход» нанесением пленкообразующих материалов.

Авторами статьи на кафедре «Автомобильные дороги» были проведены испытания образцов, изготовленных из мелких песчаных грунтов, укрепленных портландцементом марки 500 с добавлением модификатора «ДорЦем ДС1», а также глинистых грунтов, укрепленных этим же портландцементом с добавлением извести и металлургического шлака.

Результаты испытаний образцов приведены в табл. 1.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Таблица 1 – Прочностные показатели укрепленного «ДорЦем ДС1»  
песчаного грунта

№ ре-цеп-та	Дата изготовления образцов	Содержание, %		Дата испытания образцов	Средняя прочность образцов при сжатии, МПа, в возрасте 28 сут.
		Цемент сверх массы грунта	Добавка «ДорЦем ДС-1» сверх массы цемента		
1	06.10.2023 г.	8	2	03.11.2023 г.	3,21
2	13.10.2023 г.	9	3	10.11.2023 г.	3,81
3	20.10.2023 г.	6	3	16.11.2023 г.	1,32
4	27.10.2023 г.	6	0	25.11.2023 г.	0,91
5	27.10.2023 г.	8	0	25.11.2023 г.	2,12
6	27.10.2023 г.	9	0	25.11.2023 г.	3,44
7	27.10.2023 г.	12	0	25.11.2023 г.	3,75
8	31.10.2023 г.	12	3	30.11.2023 г.	4,95

### Заключение

Использование модификатора «ДорЦем ДС1» повышает прочностные показатели укрепленных грунтов, увеличивает их прочность, упругость, трещиностойкость и морозостойкость.

### Список литературы

1. Могилевич В.М. Дорожные одежды из цементогрунта / В.М. Могилевич, Р.П. Щербакова, О.В. Тюменцева. Москва: Транспорт, 1973. 216 с.
2. Левкович Т.И. Исследование прочности глинистых грунтов, улучшенных добавкой шлака и укрепленных цементом, для использования их при строительстве автомобильных дорог / Т.И. Левкович, З.А. Мевлидинов, М.З. Мевлидинов // Современные концепции научных исследований: матер. XX междунар. науч. (заоч.) конф. (Москва, 27-28 ноября 2015 г). С. 84-87.
3. Левкович Т.И. Местные материалы и отходы промышленности, используемые для строительства оснований автомобильных дорог / Т.И. Левкович, З.А. Мевлидинов, А.С. Сидорович // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: матер. V междунар. науч.-практ. конф. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». 2017. С. 57-60.
4. Солопова Н.А. Усиление грунтов и фундаментов объектов строительства с целью снижения эксплуатационных затрат / Н.А. Солопова, Ж.В. Селезнева, Ю.О. Филиппова // Транспортные сооружения. 2019. Т. 6. № 1.
5. ОДМ 218.1.004-2011. Отраслевой дорожный методический документ. Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве. Москва: Росавтодор, 2012. 15 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Мевлидинов З.А., Курушина К.Н., Капустина А.Н., Туров Д.С., Трунилин Д.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматривается метод восстановления дорожного покрытия. В результате применения инжекторной технологии повышаются эксплуатационные характеристики дорожного покрытия.*

Автомобильные дороги, представляющие собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой, являются одними из главных факторов для экономического развития страны.

Необходимым условием успешного развития всех без исключения отраслей народнохозяйственного комплекса является развитая транспортная инфраструктура и эффективная работа транспорта. И наоборот, плохо развитая транспортная инфраструктура и отсутствие дорог могут стать непреодолимым препятствием для экономического роста, сводя на нет положительный эффект даже самых крупных финансовых вложений. В настоящее время при строительстве и ремонте дорожных покрытий нежесткого типа на автомобильных дорогах наибольшее применение находят асфальтобетонные покрытия, доля которых составляет свыше 97 % общей протяженности дорог с твердым покрытием.

Под действием нагрузок от транспортных средств и влияния погодноклиматических факторов происходит потеря несущей способности дорожных конструкций. На поверхности дорожных покрытий возникают деформации и разрушения, что проявляется в виде различных выбоин, просадок, трещин и волн, приводящие к ухудшению транспортно-эксплуатационных показателей и снижению срока эксплуатации автомобильной дороги.

Для устранения таких дефектов, в процессе эксплуатации дороги осуществляют ремонтные работы, которые позволяют устранять образовавшиеся дефекты на дорожном покрытии, что способствует увеличению срока службы автомобильной дороги с обеспечением требуемых транспортно-эксплуатационных показателей в течение нескольких лет. Пренебрежение к содержанию дорог оборачивается не только увеличением эксплуатационных расходов и снижением срока службы транспортных средств, а и ростом числа аварий [1-4].

Для поддержания необходимых эксплуатационных характеристик дорожного покрытия следует незамедлительно устранять такие повреждения, как выбоины, колеи, открытые рабочие или иные швы, прочие поверхностные дефекты.

В Российской Федерации в последние годы в связи с быстрорастущей

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

интенсивностью движения и объемом перевозок (а значит, увеличением осевых нагрузок) вопрос содержания дорог стал особенно актуальным. Повышенная нагрузка на дорожные покрытия при, зачастую, конструкциях дорог с несущей способностью, не соответствующей возросшим нагрузкам, приводит к образованию деформаций и разрушений. Деформации, которые возникают на поверхности покрытия, чаще всего, неравномерные, что сильно влияет на ее транспортно-эксплуатационные характеристики.

Неравномерность возникновения деформаций поверхности покрытия связана с многочисленными сопутствующими факторами. Для обеспечения безопасности дорожного движения и во избежание еще больших повреждений необходимо незамедлительно устранять образовавшиеся дефекты.

Одним из вариантов устранения дефектов дорожного полотна является инжекторная технология (рис. 1).



Рис. 1. Струйно-инъекционный метод восстановления поверхности дорожных покрытий

Инжекторная технология – это эффективный, очень экономичный метод ликвидации трещин, выбоин и просадок дорожного полотна. Благодаря данной технологии участки с повреждениями очень быстро приобретают требуемое состояние, что позволяет запускать движение по отремонтированным участкам сразу после окончания работ.

Сама технология представляет собой ремонт поврежденного участка битумно-щебеночной смесью. Перед ее укладкой, производят подготовительные работы, включающие очистку ямы от камней, пыли и грязи.

После очистки места ремонта, оно опрыскивается битумной полимермодифицированной эмульсией. Такая эмульсия, так называемая, быстрораспадающаяся, с 60-70 %-ным содержанием битума. Рабочая температура от 25-50 °С.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Для большей устойчивости заплаты в глубоких повреждениях используют щебень крупной фракции (5-10 мм) в нижнем горизонте и мелкий (2-5 мм) в верхнем горизонте углубления. Для мелких ям и трещин эффективнее использование щебня мелкой фракции (2-5 мм). Заполнение ям производится всегда под давлением. Так как технология позволяет пускать автотранспорт по отремонтированному участку, поэтому, чтобы щебень не прилипал к колесам автомобилей, его укладывают на поверхности без связующего материала.

В настоящее время производить ремонт дорог инжекторным способом можно как навесными машинами, так и с использованием прицепных моделей. Использование инжекторного способа ремонта увеличивает производительность работ по устранению дефектов дорожного покрытия.

### Заключение

В процессе воздействий тяжелых грузовых автомобилей и погодноклиматических факторов на асфальтобетонных покрытиях дорожных одежд возникают дефекты, способствующие ухудшению транспортно-эксплуатационных показателей и снижению срока службы автомобильной дороги. Применение инжекторной технологии для ликвидации дефектов поверхности покрытия приводит к повышению качества выполненных работ, влияющего на безопасность движения и увеличение срока службы дорожных покрытий. С экономической стороны инжекторная технология ремонта асфальтобетонных покрытий является эффективным и перспективным методом. Современные методы ремонта дорожных покрытий нежесткого типа являются весьма востребованными, так как данная работы позволяют восстанавливать транспортно-эксплуатационные характеристики дорожных покрытий в кратчайшие сроки, что обеспечивает осуществление непрерывного, удобного и безопасного движения транспортных потоков по автомобильной дороге.

### Список литературы

1. Алиулова В.А. Оценка технологий ямочного ремонта дорог в России / В.А. Алиулова, Е.Ф. Валеева, А.Д. Сергеева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. С. 1-4.
2. Зубков А.Ф. Технология ремонта дорожных покрытий нежесткого типа / А.Ф. Зубков, К.А. Андрианов, В.Г. Однолько [и др.]. Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. 200 с.
3. Мевлидинов З.А. Колееобразование как результат снижения работоспособности дорожной одежды / З.А. Мевлидинов, Т.В. Бичева, И.М. Редкач // Проблемы дорожного комплекса: сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. Казань. 2007. С. 212-216.
4. Мевлидинов З.А. Влияние усталостных явлений слоев нежестких дорожных одежд на развитие остаточных деформаций / З.А. Мевлидинов // Проблемы строительного и дорожного комплексов: сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. Брянск. 1998. С. 105-108.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНО-ДИСПЕРСНО-АРМИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ**

Мевлидинов З.А., Пожарницкий С.В., Черкесова Т.З., Капустина А.Н.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*На основании проведенных исследований рассмотрены методика и результаты применения полимерно-дисперсно-армирующей добавки для улучшения эксплуатационных характеристик дорожного горячего асфальтобетона. Результаты исследования показывают, что предлагаемый способ модификации асфальтобетонных смесей способствует повышению работоспособности конструктивных слоев дорожных покрытий.*

Цель эксплуатационной службы является обеспечение удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетными скоростями и нормативными нагрузками. Для решения данной задачи необходимо обеспечить высокие транспортно-эксплуатационные свойства дорожных покрытий.

При движении грузовых автомобилей в дорожной конструкции возникают общие деформации, которые можно разделить на упругие и остаточные. Размер деформаций зависит от величины действующей нагрузки от колеса автомобиля на покрытие дорожной одежды.

При воздействии нагрузок, превышающих расчетные, дорожная конструкция переходит в стадию накопления пластических деформаций. Исследовались слои со структурой коагуляционного типа, устроенные из материалов, укрепленных органическими вяжущими, к которым относятся битумоминеральные смеси, асфальтобетонные смеси и др. В слоях дорожной одежды коагуляционного типа структуры, возможны сдвиговые деформации, обусловленным нестабильностью температур и воздействию транспортных нагрузок.

Полимерно-дисперсное армирование получается распределением комплексного модификатора на основе армированного полимера каучука в асфальтовом вяжущем с целью создания полидисперсной системы, обладающей повышенной жесткостью, а также устойчивостью к сдвиговым и пластическим деформациям. В данной полидисперсной системе асфальтовое вяжущее представляет собой дисперсную среду, а комплексный модификатор на основе армированного полимера и каучука – дисперсную фазу [1-7].

Был выполнен комплекс исследований с целью оценки эффективности влияния технологии полимерного-дисперсного армирования на физико-механические и эксплуатационные свойства асфальтобетонов, с использованием в качестве полимерно-дисперсно-армирующей добавки резинового тэрмоэластопласта (РТЭП).

Приготовление смесей производилось с использованием различных

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

технологических режимов, которые приведены в табл. 1.

В табл. 2 представлены результаты оценки соответствия исследуемых асфальтобетонных смесей требованиям стандартов.

Таблица 1 – Режимы приготовления смеси

Номер смеси	Температура нагрева щебня и песка, °С	Продолжительность перемешивания компонентов смеси, с		Использование добавки РТЭП
		«сухого»	«мокрого»	
1	175	8	20	-
2	175	8	20	+
3	190	8	20	+
4	190	10	25	+

Таблица 2 – Показатели физико-механических свойств асфальтобетона

Номер смеси	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщенность, %	Водоустойчивость	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	Сдвигоустойчивость по	
				20 °С	50 °С	0 °С		коэффициенту внутреннего трения	сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа
1	2410	3,1	0,90	4,0	1,4	10,2	5,0	0,90	0,27
2	2420	2,5	0,91	4,9	1,7	10,9	5,2	0,90	0,32
3	2420	2,4	0,91	5,4	1,9	11,4	5,5	0,89	0,34
4	2420	2,1	0,91	5,7	2,2	11,8	5,7	0,89	0,34
<i>Требования нормативно-технических документов</i>									
ГОСТ 9128	-	2,0-5,0	не менее 0,85	не менее 2,5	не менее 1,1	не более 13,0	4,0...6,5	не менее 0,89	не менее 0,26
СТО АВТОДОР 2.6-2013	-	2,0-5,0	не менее 0,90	не менее 3,5	не менее 1,6	не более 13,0	4,0...6,5	не менее 0,89	не менее 0,30

Из табл. 2 видно, что все исследуемые асфальтобетоны удовлетворяют по показателям физико-механических и эксплуатационных свойств требованиям ГОСТ 9128. Смесь № 1, которая не содержит модифицирующих добавок, не соответствуют требованиям СТО АВТОДОР 2.6, то есть обычный асфальтобетон не удовлетворяет более жестким требованиям этого нормативного документа по теплостойкости и сдвигоустойчивости. Так при испытаниях было установлено, что показатели предела прочности при сжатии и сцепления при сдвиге при температуре 50 °С для обычного асфальтобетона заметно уступают таким же показателям асфальтобетонов с модифицирующими добавками.

Использование резинового термоэластопласта при приготовлении асфальтобетонных смесей и увеличение температуры нагрева минеральных

материалов приводит к повышению физико-механических и эксплуатационных свойств модифицированных асфальтобетонов на 35-50 %, что удовлетворяют требованиям нормативных документов.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что использование полимер-дисперсных добавок при приготовлении асфальтобетонных смесей значительно улучшают их прочностные характеристики. Полученные результаты исследований позволяют оптимизировать процесс производства асфальтобетонных смесей и значительно повысить их прочностные характеристики. В результате, дорожное покрытие становится более долговечным и надежным, что положительно сказывается на обеспечении транспортно-эксплуатационных характеристик дорожных покрытий, влияющие на безопасность движения и снижает расходы на обслуживание и ремонт дорог.

### Список литературы

1. Чернов С.А. Влияние полимерно-битумного вяжущего на процессы колееобразования в верхних слоях покрытий автомобильных дорог / С.А. Чернов, Д.В. Чирва, Е.В. Леконцев // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4 (13). С. 226
2. Чернов С.А. Пути повышения устойчивости к пластическому колееобразованию щебеночно-мастичных асфальтобетонов / С.А. Чернов, К.Д. Голубин // Дороги и мосты. 2014. Т. 2. № 32. С. 264-272.
3. Илиополов С.К. Современные пути повышения долговечности асфальтобетонных покрытий / С.К. Илиополов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2008. № 40. С. 57-58.
4. Золоторев В.А. О структуре и содержании стандарта на дорожные асфальтобетоны / В.А. Золоторев // Автомобильные дороги. 2012. № 7. С. 68-75.
5. Мевлидинов З.А. Пути повышения износостойкости и срока службы дорожных покрытий / З.А. Мевлидинов, Н.И. Токар, Т.З. Черкесова [и др.] // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: БГИТУ. 2022. С. 252-255.
6. Мевлидинов З.А. Влияние усталостных явлений слоев нежестких дорожных одежд на развитие остаточных деформаций / З.А. Мевлидинов // Проблемы строительного и дорожного комплексов: сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. Брянск. 1998. С.105-108.
7. Мевлидинов З.А. Колееобразование как результат снижения работоспособности дорожной одежды / З.А. Мевлидинов, Т.В. Бичева, И.М. Редкач // Проблемы дорожного комплекса: сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. Казань. 2007. С. 212-216.

## **ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПРОЦЕНТА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Мевлидинов З.А., Сунцова А.А., Самойлова В.С., Лахтуров М.А., Наков Р.А.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются основные факторы, влияющие на безопасность дорожного движения.*

С развитием дорог развивались и различные виды транспорта, и потребность в них возрастала. Это увеличение привлекло внимание ко многим проблемам системы автомобильных дорог. Одной из наиболее важных проблем, связанных с сетями автомобильных дорог, является безопасность дорожного движения, которая требует проведения различных исследований для снижения числа аварий. Одним из факторов, влияющих на безопасность движения, является характеристика дорожного движения. Сюда входят: среднесуточная интенсивность, скорость, плотность движения и процент загруженности дорог. Результаты исследований в большинстве случаев показывали положительную корреляцию между среднесуточной интенсивностью и частотой аварий, а также между процентом большегрузных транспортных средств и частотой аварий.

Увеличение количества автомобилей, повлекло за собой проблему с безопасностью дорожного движения, которая требует проведения различных исследований для снижения причин дорожно-транспортных происшествий. Негативные социальные и экономические последствия дорожно-транспортных происшествий повлекли за собой вопрос о снижении уровня смертности на дорогах и содействии созданию безопасных дорожных сетей, соответствующих целям устойчивого развития автомобильных дорог [1-5].

Во многих исследованиях изучались факторы риска: поведение участников дорожного движения, дорожные факторы и транспортные средства, которые являются наиболее важными факторами. Некоторые из исследований были посвящены дорожному полотну, например геометрическим элементам конструкции и состоянию поверхности дорожного покрытия, которые могут менять свое значение в зимнее время года, в зависимости от погодных условий и уровня содержания автомобильных дорог. Одним из факторов, влияющих на безопасность движения, являются характеристики дорожного движения. Сюда входят такие факторы, как среднесуточная интенсивность, плотность движения, рабочая скорость и процент большегрузных транспортных средств. Было изучено влияние интервала и продолжительности заторов на перекрестках без светофоров на частоту смертельных исходов. Некоторые исследования показали, что увеличение среднесуточной интенсивности может привести к увеличению частоты аварий. Чем больше транспортных средств на дороге, тем чаще возникают конфликты между транспортными средствами. Напротив, некоторыми исследованиями было доказано, что снижение частоты аварий коррелирует с увеличением среднесуточной интенсивности из-за снижения

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

скорости потока транспортных средств. Наибольшая тяжесть ДТП наблюдается на автомобильных дорогах вне городской черты (70 % погибших от общего количества погибших в ДТП, несмотря на то что на дорогах данного типа происходит всего около 30 % от общего количества ДТП), на рис. 1 представлена лепестковая диаграмма распределения ДТП и погибших на дорогах вне городской черты. Также в ходе анализа аварийности выявлены следующие факты:

- 60 % ДТП на дорогах вне городской черты происходит с участием ТС категорий М2, М3 и N, в которых погибает до 60 % от общего количества погибших в ДТП;

- основными причинами ДТП является выезд на полосу встречного движения и несоответствие скорости конкретным дорожным условиям.

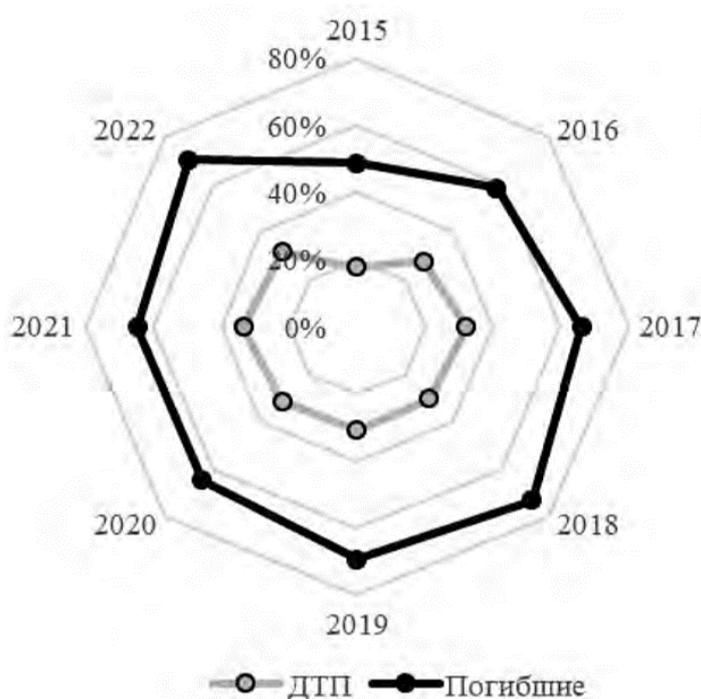


Рис. 1. Процентное соотношение количества ДТП и пострадавших на автомобильных дорогах вне городской черты

Процент большегрузных автомобилей – еще один фактор, который может повлиять на частоту аварий на автомобильных дорогах. Во многих исследованиях изучалось влияние доли большегрузных транспортных средств на число аварий. Результаты этих исследований показали, что увеличение доли большегрузных транспортных средств может привести к увеличению числа аварий. Однако процент этого увеличения зависит от типа дороги. Например, более высокая скорость движения большегрузных транспортных средств может привести к более высокой частоте аварий на двухполосных дорогах с двусторонним движением, чем на дорогах других типов. Было показано, что процент большегрузных транспортных средств значительно влияет на частоту аварий с точностью до 95 %, и существует положительная связь между процентом большегрузных автотранспортных средств и частотой аварий.

Причина этого может быть в том, что чем больше количество большегрузных транспортных средств, тем больше количество маневров обгона. Это может привести к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий при лобовом столкновении и выезде с трассы. Результаты исследований показали, что существует значительная положительная корреляция между частотой аварий и процентом большегрузных транспортных средств, что может привести к необходимости в большем количестве маневров при обгоне, в связи с чем происходит увеличение числа аварий.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги и состав транспортного потока являются одними из основных факторов возникновения дорожно-транспортных происшествий. Так при высоких транспортно-эксплуатационных характеристиках причиной возникновения аварийной ситуации становится высокая фактическая скорость движения транспортных средств. В зависимости от состава движения риск возникновения дорожно-транспортных происшествий прямо пропорционален количеству большегрузных автомобилей в транспортном потоке, что связано необходимостью выполнения большего количества маневров при обгоне.

### Список литературы

1. Близниченко С.С. Совершенствование метода коэффициентов аварийности / С.С. Близниченко, Е.А. Крапивина, А.Р. Оветченко // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). (Омск, 26-27 апреля 2012 г.). Омск. 2012. С. 43-48.
2. Джурук Д.С. Методика оценки и прогнозирования числа ДТП на загородных двухполосных автодорогах / Д.С. Джурук // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 4. С. 69-75.
3. Мевлидинов З.А. Обеспечение безопасных условий движения на автомобильных дорогах в зимний период / З.А. Мевлидинов, Т.И. Левкович, И.А. Ласман [и др.] // Инновации в строительстве-2022: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7-9 апреля 2022 г.). Брянск. 2022. С. 246-252.
4. Воеводин Е.С. Совершенствование метода коэффициентов аварийности для междугородней сети / Е.С. Воеводин [и др.] // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации: матер. 110 междунар. науч.-техн. конф. (Иркутск, 2-4 июня 2021 г.). Иркутск: ИРНТУ. 2021. С. 246-252.
5. Ярмолинский А.И. Совершенствование методики оценки аварийности автомобильных дорог по степени обеспечения безопасности движения в городских условиях / А.И. Ярмолинский, И.Н. Пугачев, Н.Г. Шешера // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2016. № 3 (42). С. 33-42.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Мевлидинов З.А., Федоров И.С., Мевлидинов М.З., Гирин С.И., Бычкова О.С.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*В работе произведен анализ влияние весенней и осенней распутицы на изменение динамических нагрузок на нежесткое дорожное покрытие.*

В наше время транспортная инфраструктура является одной из основных составляющих развития общества и экономики. Дорожное покрытие, в свою очередь, играет ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта на дорогах. Однако, дорожные условия постоянно меняются в зависимости от времени года, особенно в периоды весенней и осенней распутицы.

Весенняя и осенняя распутица – это периоды, когда таяние снега и осадки приводят к накоплению воды на дорогах [1]. Данное явление сопровождается увеличением влажности в верхних слоях дорожной конструкции. Из-за повышенного содержания воды, несущая способность грунта уменьшается и становится неспособным эффективно распределять динамические нагрузки от движущихся автомобилей [2-3].

Воздействие динамических нагрузок на нежесткие дорожные покрытия во время распутицы может приводить к их проваливанию, трещинам и выбоинам, что приводит к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, создающего опасность для всех участников дорожного движения [4]. Провалы поверхности дорожного покрытия могут привести к авариям и повреждению автотранспорта. Также, поврежденные дороги требуют дорогостоящего ремонта, что отрицательно сказывается на финансовых затратах государства и муниципалитетов.

Поэтому исследование влияния динамических нагрузок на нежесткие дорожные покрытия в периоды года, когда происходит снижение несущей способности всей дорожной конструкции, является особенно важной задачей.

Данное исследование направлено на определение влияния весенней и осенней распутицы на динамические нагрузки нежестких дорожных одежд.

Весенняя и осенняя распутица оказывают значительное влияние на динамические нагрузки, возникающие при эксплуатации нежестких дорожных одежд [5-6]. Эти периоды года характеризуются увеличенной влажностью и снижением прочности, что приводит к изменению основных показателей нагрузок, воздействующих на дорожное покрытие [7].

Из-за повышенной влажности грунта, его проницаемость снижается, что приводит к увеличению влагопоглощающей способности дорожной одежды. В результате, при проезде транспортных средств, нагрузка на покрытие становится более интенсивной, особенно при движении тяжелых грузовиков, что приводит к быстрому износу и деформации дорожной одежды.

Важным показателем является резкое увеличение количества

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

динамических нагрузок во время весеннего и осеннего сезонов. Из-за неоднородности грунта в этот период, происходят частые смены замерзающих и оттаивающих слоев, что приводит к появлению трещин, задиры и провисанию дорожного покрытия. В связи с этим, динамические нагрузки на дорожные покрытия возрастают, что ведет к увеличению вероятности возникновения несоответствия требуемой нагрузочной способности дорожной одежды.

Также особое влияние на динамические нагрузки на дорожное покрытие при распутице оказывает вязкость грунта. В периоды весенней и осенней распутицы, за счет повышенной влажности, грунт становится более вязким и меньше способен сопротивляться динамическим нагрузкам. Это приводит к усилению деформации покрытия и ухудшению дорожной обстановки [7].

Значительное влияние на состояние дорожных покрытий и динамические нагрузки оказывает изменение знакопеременных температур во время распутицы. Главной проблемой, с которой сталкиваются дорожные организации и водителей в это время, является образование ям и трещин на дорожном покрытии, а также снижение его прочности. Влияние знакопеременных температур на дорожные покрытия прежде всего связано с процессом расширения и сжатия материалов, из которых они состоят.

В период распутицы, когда дневные температуры поднимаются выше нуля градусов Цельсия, а ночью опускаются ниже точки замерзания, происходит разрушение внутренней структуры дорожных покрытий. В результате этого материалы находятся во внешнем напряженном состоянии, что приводит к возникновению трещин, отколов, сколов и деформаций на дорожных покрытиях. Это создает серьезное препятствие для нормального движения автотранспорта и увеличивает риск возникновения ДТП.

Помимо проблем с самим дорожным покрытием, изменение знакопеременных температур оказывает негативное влияние на динамические нагрузки, которые возникают во время движения транспортных средств. Разрушение дорожного покрытия и образование ям и трещин приводят к повышенным вибрациям и ударным нагрузкам на автомобильные колеса и подвеску, что может привести к их деформации и повреждению. Это, в свою очередь, увеличивает риск возникновения поломок и аварий на дорогах.

На основе анализа данных были выявлены следующие изменения в показателях динамических нагрузок на нежестких дорожных одеждах во время весенней и осенней распутицы:

1. Увеличение вертикальных нагрузок: весенняя и осенняя распутица приводят к смятию грунта, что повышает вертикальные нагрузки на дорожную одежду. Это может привести к увеличению напряжений и деформаций в материалах, что повышает риск повреждений и повышает износ дорожных покрытий.

2. Изменение горизонтальных нагрузок: в грунтах, находящихся в состоянии распутицы, наблюдаются изменения их физических свойств, таких как плотность и сцепление с дорожной одеждой. Это может привести к изменению горизонтальных нагрузок на дорогу, что требует дополнительных усилий со стороны транспортных средств, а следовательно, приводит к росту

износа одежды и риску аварий.

3. Увеличение динамических нагрузок: распутица, особенно весенняя, может вызывать вибрации и колебания на дороге, что повышает динамические нагрузки на нежесткую одежду. Это может существенно увеличить напряжения и деформации в материалах, что приводит к ускоренному износу и снижению срока службы дорожных покрытий.

### Заключение

Исследование показало, что весенняя и осенняя распутица оказывают значительное влияние на изменение динамических нагрузок нежестких дорожных одежд. Увеличение вертикальных и горизонтальных нагрузок, а также возрастание динамических нагрузок, повышают риск повреждений, рост износа и снижение срока службы дорожных покрытий. Эти результаты подчеркивают необходимость разработки эффективных стратегий для улучшения устойчивости и долговечности нежестких дорожных одежд в периоды распутицы.

### Список литературы

1. Каменчуков А.В. Сезонные изменения прочности дорожных одежд / А.В. Каменчуков, В.А. Ярмолинский, В.В. Лопашук // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10 (52). С. 68-72.
2. Черепанов Б.М. Эффективность введения сезонного ограничения осевых нагрузок на автомобильных дорогах Алтайского края / Б.М. Черепанов, О.Л. Моисеева, Э.Е. Таныгина // Ползуновский вестник. 2014. № 1. С. 217-220.
3. Санников С.П. Изменение прочности дорожной одежды при сезонном промерзании и оттаивании конструкции / С.П. Санников, А.В. Мармур // Архитектура, строительство, транспорт. 2022. № 1 (99). С. 73-79.
4. Левкович Т.И., Токар Н.И., Мевлидинов З.А. К вопросу о повышении эффективности ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями модульными дорожными машинами-ресайклерами / Т.И. Левкович, Н.И. Токар, З.А. Мевлидинов [и др.] // Вестник Евразийской науки. 2021. Т. 13. № 2. 13 с.
5. Алексеев С.В. Воздействие природных факторов на состояние дорог в различных регионах России / С.В. Алексеев, Д.Л. Симонов, А.С. Катикова // Инновационные транспортные системы и технологии. Технологии и проекты 2022. Т. 8. № 4. С. 14-30.
6. Солодская М.Г. Определение наиболее значимых факторов при анализе эксплуатационного состояния автомобильных дорог / М.Г. Солодская // Наука и техника. 2017. № 6. С. 493-497.
7. Мевлидинов З.А. Влияние изменения климата на состояние дорожного покрытия на автомобильных дорогах в Брянской области / З.А. Мевлидинов, Н.А. Тулянкина, П.С. Хуторцов [и др.] // Инновации в строительстве-2017: матер. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: БГИТУ. 2017. С. 227-231.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ АДГЕЗИИ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Новикова М.А., Мевлидинов З.А., Алешина М.А., Саврико А.М.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Задачей асфальтобетонного вяжущего является крепкая привязка заполнителей разного размера к дорожным конструкциям. Однако само вяжущее не имеет достаточной способности к сцеплению, что может привести к отделению заполнителей и образованию выбоин на дороге. Усилители адгезии или адгезивные агенты являются важными и проверенными на практике усилителями. Это вещества, в основном на основе жирных кислот полиамидов, которые должны повышать надежность сцепления асфальтобетонного вяжущего с заполнителями, тем самым увеличивая срок службы асфальтобетонной смеси, а также ее устойчивость к механическим нагрузкам.*

Асфальтобетонные покрытия дорог состоят из нескольких слоев, призванных выдерживать горизонтальные и тангенциальные деформации от проезжающих транспортных средств. Верхняя поверхность – лицевой (абразивный / поверхностный) слой подвергается непосредственному воздействию атмосферные и климатические воздействия. Поэтому он должен быть непроницаемым, ровным и обладать достаточной противоскользкой способностью на протяжении всего срока службы и обеспечивать безопасную, быструю и комфортную езду.

Асфальтобетонная смесь – это комплексное соединение крупного и мелкого заполнителя, а также вяжущего, которое обеспечивает надежность и прочность асфальтобетонного покрытия. Важным элементом функционирования асфальтобетонного покрытия является взаимодействие и сцепление всех компонентов асфальтобетонной смеси. Особое значение имеет сцепление между заполнителями и вяжущим, влияющее на долговечность и стойкость асфальтобетонных покрытий.

Существует два типа адгезии асфальтобетонных смесей: активная и пассивная. Активное сцепление между асфальтовым вяжущим и заполнителем происходит, когда вяжущее способно перемещать воду с влажной поверхности заполнителя. Пассивная адгезия вызывается внешними силами, например, повышенным поровым давлением, и может быть описана как сопротивление проникновению воды в систему при использовании асфальтобетонных смесей.

Существует несколько факторов, способствующих разрушению адгезии. Основной разрушающий фактор – вода. Молекулы воды слабо взаимодействуют с гидрофильной поверхностью минерала (агрегата), что приводит к насыщению поверхностных зарядов. В результате неполярное асфальтовое вяжущее постепенно вытесняется с поверхности заполнителя.

Среди второстепенных факторов следует выделить транспортные

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

нагрузки, температурные условия, качество используемого вяжущего и заполнителя. Важность толщины слоя вяжущего на заполнителе можно оценить как малозначительную.

В экспериментальном исследовании Мондал и др. провели испытания на растяжение на границе заполнителя и асфальтового вяжущего, чтобы определить влияние толщины асфальтового вяжущего на характер повреждений. Толщина асфальтовой пленки между двумя полированными поверхностями заполнителя варьировалась от 0,11 мм до 0,64 мм. А тяговая нагрузка прикладывалась со скоростью 1 мм/мин, а испытания проводились при 23 °С. Было установлено, что толщина асфальтового вяжущего влияет на адгезию и разрушает связь между заполнителями и асфальтовым вяжущим. При любом увеличении толщины слоя асфальта, увеличивается и вероятность разрушения вяжущего [1-6].

Усилители адгезии – это химические вещества, которые воздействуют на границу контакта между органическим полимером и неорганической подложкой, способствуя улучшению сцепления между этими материалами. Путем изменения поверхностного натяжения и снижения вязкости асфальтовое вяжущее более эффективно покрывает поверхность заполнителя, что приводит к формированию прочной связи (химического взаимодействия) между вяжущим и заполнителем.

Было экспериментально установлено, что адгезионные добавки на основе силана способствуют улучшению сцепления между органическими и неорганическими материалами, а также продлевают срок эксплуатации в условиях повышенной влажности. Эффективность данных усилителей обусловлена их способностью выступать в роли химического моста: одна часть молекулы привязывается к наполнителю, а другая – к битумному связующему веществу. Существуют также адгезионные усилители на основе аминов, содержащие длинные углеводородные цепи и аминные функциональные группы. Углеводородные цепи реагируют с асфальтовым вяжущим, в то время как заполнитель взаимодействует с аминной группой, способствуя улучшению сцепления заполнителя с асфальтовым вяжущим.

Для изучения адгезионных свойств использовались три усилителя. Их характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики усилителей адгезии

Название	AD2	Addibit	Ветфикс BE
Химическое название	Полиамиды жирных кислот	Поликонденсат талловой масляной кислоты с полиамидами	Жирные кислоты, талловое масло, продукт реакции высших карбоновых кислот с диэтаноломином
Агрегатное состояние	Газообразный	Жидкость	Жидкость
Цвет	Эмбер	Коричневый	Коричневый
Температура плавления	-20 °С	-10,5 °С	-20 °С
Температура кипения	300 °С	160 °С	200 °С

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Также в испытаниях использовались агрегаты А1-8/11 и А2-8/16.

Агрегат А1-8/11 в основном состоит из амфиболическибиотического гранодиорита. Гранодиорит относится к глубоким кислым магматическим породам с содержанием оксида кремния более 65 %. В нем плагиоклазы преобладают над калиевыми полевыми шпатами. Сложение этих пород кубовидное или тяжелосуглинистое. Насыпной вест колеблется в пределах 2600-2800 кг/м<sup>3</sup>. Предел прочности при сжатии 120-240 МПа.

Агрегат А2-8/16 состоит преимущественно из регионально метаморфизованных глинистых сланцев, то есть парагнейсов. Он относится к метаморфическим породам, образовавшимся в результате регионального преобразования осадочных пород. Главные макроскопические минералы – кварц, полевой шпат, слюда, иногда силлиманит. Вспомогательными макроскопическими минеральными компонентами являются графит, кордиерит и гранат.

Адгезия асфальтового вяжущего к заполнителям оценивается в соответствии с табл. 2.

Таблица 2 – Характеристики полиэстера и нейлона

Оценка	Показатели
Отлично	если более 75 % зерен испытуемого образца имеют характеристики соединения асфальтовой пленки с заполнителем 100 %; для остальных зерен процент покрытой площади более примерно 97 %)
Хорошо	если более 75 % зерен испытуемого образца имеют характеристики соединения асфальтовой пленки с заполнителем 90 % (или лучше); для остальных зерен процент покрытой площади более примерно 90 %)
Пропуск	если более 75 % зерен образца имеют характеристики соединения пленки асфальтового вяжущего с заполнителем 80 % (или лучше); для остальных зерен процент покрытой площади больше примерно 80 %)
Не проходит	если менее 75 % зерен имеют характеристики соединения пленки асфальтового вяжущего с заполнителем 80 %

В ходе проведенных испытаний было установлено, что при использовании добавок AD2, Addibit или Ветфикс ВЕ адгезия всех образцов была достигнута с оценкой «хорошо». Асфальтовые смеси с этими добавками могут использоваться в подстилающих слоях, основаниях и покрытиях при всех классах транспортных нагрузок.

Образцы без адгезионных усилителей с модифицированным асфальтовым вяжущим были признаны пригодными и могут использоваться в слоях износа и подстилающих слоях дорожных покрытий.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Количество усилителя или агента, добавляемого в асфальтобетонную смесь, незначительно и составляет около 0,3 % от веса асфальтового вяжущего. Тем не менее, даже это количество значительно повышает адгезионные свойства асфальтового вяжущего.

### Заключение

Адгезия в системе асфальтовых вяжущих заполнителей обусловлена сочетанием термодинамических, механических и физико-химических механизмов. Нет одного доминирующего механизма, который бы определял адгезию. Потеря адгезии в асфальтовой смеси определяется как отделение вяжущего (наполнителей) от заполнителей. Сравнивая качество заполнителей и качество связующего, можно сделать вывод, что первое оказывает более существенное влияние на адгезию. Применение соответствующей адгезионной добавки не только улучшает сцепление между вяжущим и заполнителями, но также повышает устойчивость этого сцепления к воздействию воды.

### Список литературы

1. Миронов Н.С. Определение эффективности влияния различных адгезионных добавок на эксплуатационные показатели свойств асфальтобетона / Н.С. Миронов, С.А. Чернов, А.В. Кочетков // Инженерный вестник Дона. 2023. № 4. С. 1-22.
2. Гуторов К.В. Универсальные добавки, улучшающие характеристики асфальтобетонных смесей / К.В. Гуторов, В.А. Павлова // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2021. № 4. С. 15-30.
3. Прибылов В.С. Повышение адгезии битума в асфальтобетоне на сталеплавильных шлаках модификацией нанодобавками / В.С. Прибылов, А.П. Пичугин, А.С. Денисов // Известия вузов. Строительство. 2023. № 2. С. 16-24.
4. Stehlik D. Pavement construction using road waste building material – from a model to reality / D. Stehlik, O. Dasek, P. Huzl [et al.] // Road Materials and Pavement Design. 2015. Vol. 16. Pp. 314-329.
5. Komacka J. Influence of reclaimed asphalt with polymer modified bitumen on properties of different asphalts for a wearing course / J. Komacka, E. Remisova, G. Liu [et al.] // Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Infrastructure. 2014. Pp. 179-185.
6. Wu S.P. Influence of demolition waste used as recycled aggregate on performance of asphalt mixture / S.P. Wu, J.J. Zhong, J.Q. Zhu // Road Materials and Pavement Design. 2015. Vol. 14. Pp. 679-688.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ВТОРОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ  
С ДВУМЯ ПОЛОСАМИ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРЬ-БЕЖЕЦК-ВЕСЬЕГОНСК-  
УСТЮЖНА НА УЧАСТКЕ КМ 36+700 – КМ 87+00 В РАМЕШКОВСКОМ  
И БЕЖЕЦКОМ РАЙОНАХ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
УНИВЕРСАЛЬНЫХ МАШИН ЭКСКАВАТОРОВ**

Токар Н.И., Мевлидинов М.З., Черненко А.В.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Для повышения эффективности экскаваторных линейных работ в статье предложено применение экскаваторов с регулируемой длиной стрелы. Основная идея обусловлена применением в рабочем оборудовании телескопических рукояти и ковша с двузвенником, что даст возможность выполнения погрузочно-разгрузочных работ за счёт установки в ковше вилочного захвата, а также получение возможности по удлинению стрелы за счёт применения шарнирного двузвенника с рычагом. Так при уширении земляного полотна автомобильной дороги Тверь-Бежецк-Весьегонск-Устюжна на участке км 36+700 – км 87+00 в Рамешковском и Бежецком районах Тверской области при использовании экскаватора с регулируемой длинами стрелы и рукояти стоимость работ по уширению земляного полотна снижается в среднем на 22%.*

Автомобильная дорога Тверь-Бежецк-Весьегонск-Устюжна на участке км 36+700 – км 87+00 в Рамешковском и Бежецком районах Тверской области относится ко 2 технической категории с двумя полосами движения, следовательно, её параметры определяют по ГОСТ 33475-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Общие требования».

Сравнительный анализ геометрических элементов исследуемой автомобильной дороги, заложенных в сметную документацию и геометрических элементов автомобильной дороги 2 технической категории с двумя полосами движения, определяемых ГОСТ 33475-2015, приведён в табл. 1.

Как видно из табл. 1 фактические показатели геометрических элементов исследуемой автомобильной дороги по всем параметрам отличаются в большую сторону по сравнению с показателями, регламентируемыми ГОСТ 33475-2015, что недопустимо. Устройство уширений возможно при технологическом обосновании строительства автомобильной дороги, а также в отдельных случаях, например, на кривых малых радиусов, у автобусных остановок и пунктов обслуживания, однако эти случаи обосновываются с указанием конкретного положения и объёмов работ, причём необходимо стремиться к уменьшению объёмов работ и стоимости реконструкции за счёт оптимизации состава и параметров отряда машин.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Таблица 1 – Сравнение фактических и нормативных элементов исследуемой автомобильной дороги

Наименование параметров автомобильной дороги	Единица измерения	Фактические показатели	Показатели по ГОСТ 33475-2015
Категория	-	2	2
Число полос движения	шт.	2	2
Ширина земляного полотна	м	15,18-23,46	13,5
Ширина проезжей части с краевой полосой обочины	м	8,98-16,68	8,5
Ширина проезжей части	м		7,5
Ширина обочины	м	3,1-3,96	3, в том числе: 0,5 – краевая полоса; 2 – средняя часть, укрепленная щебнем; 0,5 – полоса у бровки, укрепленная засеvom трав

Выполнение экскаваторных линейных работ по уширению земляного полотна автомобильных дорог характеризуется наличием высокой доли затрат по перебазированию экскаваторов. Как правило, многообразие параметров экскаваторных линейных работ, в частности, разработка глубоких выемок, планировка откосов, устройство элементов ограждений приводит к существенным простоям машин, так как до сих пор на таких объектах применяют, в основном, мало универсальные, одноковшовые экскаваторы. При этом при производстве земляных работ, погрузочно-разгрузочных и монтажных работ с элементами ограждений привлекается вспомогательный персонал, что ведёт к росту производственных издержек [1].

Примером повышения эффективности этих работ является применение экскаваторов с регулируемой длиной стрелы и возможностью выполнять работы с малоразмерными грузами. Основная идея предлагаемого усовершенствования обусловлена применением телескопической рукояти и двузвенника ковша, что даст возможность выполнения погрузочно-разгрузочных работ за счёт установки в ковше вилочного захвата, а также получение возможности по удлинению стрелы за счёт применения шарнирного двузвенника с рычагом, что при возможности регулирования формы зубьев ковша позволит выполнять и планировочные работы. Это ведёт к повышению эффективности производства экскаваторных работ при строительстве и уширении земляного полотна автомобильных дорог (рис. 1).

Размеры гидроцилиндра-рукояти определяются из условия максимально эффективной работы экскаватора. В результате проведённых исследований стрела оборудована основанием в виде рычага, длина двузвенников стрелы и рукояти на 20 % превышает длину соответствующих гидроцилиндров с вытянутым штоком. Кроме того, если нижнее звено двузвенника ковша расположить параллельно днищу ковша, то имеется возможность сделать его телескопическим и управлять положением зубьев ковша, делая их

выступающими или с ровной режущей кромкой, что позволяет использовать ковш не только при разработке грунта, но и при производстве планировочных работ по зачистке откосов насыпи, а при оборудовании днища ковша швеллерами со вставленными в них грузовыми вилами, также проводить работы с малоразмерными грузами.

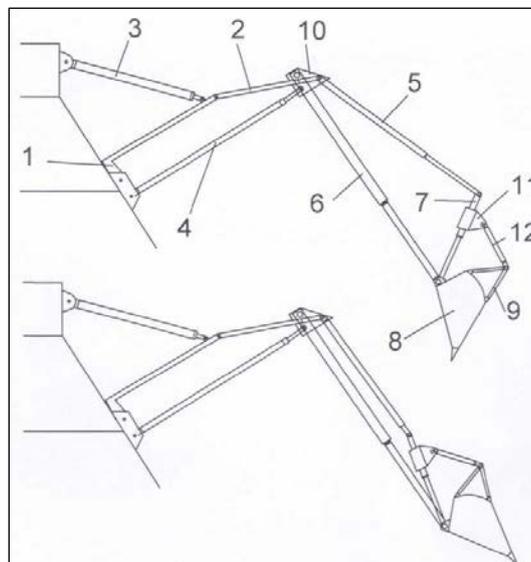


Рис. 1. Схема рабочего оборудования экскаватора с регулируемой длиной стрелы (в верхней части при планировке откосов и разработке грунтов, в нижней части при разгрузке): 1 – основание стрелы; 2 – тяга стрелы; 3 – гидроцилиндр управления основанием; 4 – гидроцилиндр управления тягой стрелы; 5 – тяга рукоятки; 6 – нижний гидроцилиндр-рукоять; 7 – верхний гидроцилиндр-рукоять; 8 – ковш; 9 – двузвенник ковша; 10, 11 – кронштейны; 12 – гидроцилиндр поворота ковша

### Заключение

В результате исследований установлено, что стоимость эксплуатации отряда машин с ведущей машиной – универсальный экскаватор с регулируемой длиной стрелы – меньше стоимости одноковшового экскаватора и экскаватора-планировщика. Так, при уширении земляного полотна автомобильной дороги Тверь-Бежецк-Весьегонск-Устюжна на участке км 36+700 – км 87+00 в Рамешковском и Бежецком районах Тверской области при использовании универсального экскаватора с регулируемой длиной стрелы и телескопическими рукоятью и двузвенником стоимость производства работ по уширению земляного полотна снижается в среднем на 22 %.

### Список литературы

1. Токар Н.И. Модернизация производства дорожно-строительных работ нулевого цикла: монография / Н.И. Токар. Санкт-Петербург, LAP LAMBERT Academic Publishing RU: МС БГИТУ, 2019. 160 с.

## УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Шестаков Н.И., Моргоев Б.А., Аргат Н.С.

(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия)

*В работе представлен анализ углеродного следа, связанный с каждым этапом жизненного цикла объектов дорожно-строительного комплекса. Указана значимость дорожного строительства, как одного из ключевых факторов экономического прогресса и одновременно источника значительных экологических последствий. Предложены упрощенные формулы для расчета углеродного следа на различных этапах, начиная от добычи и транспортировки строительных материалов до строительства, эксплуатации и ликвидации дорожных объектов. Такие методы позволяют количественно оценить общее воздействие проекта на окружающую среду и выявить наиболее углеродоемкие этапы и процессы, что способствует оптимизации и внедрению более устойчивых и биопозитивных практик.*

Одним из ключевых секторов, оказывающих значительное влияние на экологическую обстановку, является дорожное строительство. Оно не только способствует экономическому и социальному развитию регионов, но и имеет значительные экологические последствия, в том числе увеличивает углеродный след от строительства и эксплуатации объектов дорожной инфраструктуры.

Особенностью Российской Федерации является её огромная территория, разнообразие климатических условий и интенсивность использования дорожно-транспортной сети. Это определяет необходимость глубокого исследования углеродного следа, связанного с жизненным циклом объектов дорожно-строительного комплекса в стране [1, 2]. Целью работы является анализ углеродных эмиссий, связанных с полным жизненным циклом дорожной инфраструктуры, начиная от добычи и транспортировки строительных материалов, до строительства, эксплуатации и ликвидации объектов дорожно-строительного комплекса [3, 4].

Работа основывается на анализе современных исследований в области оценки углеродного следа, методологий жизненного цикла (Life Cycle Assessment, LCA) и специфики дорожного строительства в России. Рассмотрение углеродного следа в контексте жизненного цикла дорожно-строительных объектов предполагает анализ нескольких ключевых этапов, каждый из которых вносит свой вклад в общий объем выбросов углекислого газа. Эти этапы включают в себя добычу сырья, его переработку, производство строительных материалов, транспортировку материалов на строительную площадку, сам процесс строительства, эксплуатацию дорог, а также их реконструкцию или ликвидацию. Важно отметить, что каждый из этих этапов характеризуется различными уровнями энергопотребления и, соответственно, разными объемами выбросов углекислого газа.

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Для оценки углеродного следа на каждом из этапов жизненного цикла, необходимо использовать методы, позволяющие количественно оценить общее воздействие проекта на окружающую среду. Этот подход помогает выявить наиболее «углеродоемкие» этапы и процессы, предоставляя тем самым возможность для оптимизации и внедрения более устойчивых и биопозитивных практик [5, 6].

Расчет углеродного следа на различных этапах жизненного цикла в дорожном строительстве может быть выполнен с использованием различных подходов и методик, в том числе метода оценки жизненного цикла.

В общем виде формулы для расчета углеродного следа могут выглядеть как представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Методики расчета углеродного следа

Этап жизненного цикла	Методика расчета
Добыча сырья	$УС_{\text{добыч.}} = \sum (V_i^{\text{сырья}} \times ЭК_i^{\text{сырья}})$ <p><math>i</math> – тип сырья, используемого в дорожном строительстве (например, битум, цемент, агрегаты)</p>
Транспортировка	$УС_{\text{транс.}} = \sum (L_j \times m_j \times ЭК_j^{\text{транс.}})$ <p><math>L_j</math> – расстояние доставки груза;  <math>m_j</math> – масса груза;  <math>ЭК_j^{\text{транс.}}</math> – эмиссионный коэффициент <math>j</math> транспорта;  <math>j</math> – тип транспортного средства или маршрута (например, грузовик, железнодорожный транспорт)</p>
Строительство	$УС_{\text{строй.}} = \sum (t_k \times N_k \times ЭК_k^{\text{топл}})$ <p><math>t_k</math> – время работы <math>k</math> машины;  <math>N_k</math> – мощность <math>k</math> машины;  <math>ЭК_k^{\text{топл}}</math> – эмиссионный коэффициент топлива;  <math>k</math> – тип строительной машины (экскаватор, каток, автогрейдер и т.д.)</p>
Эксплуатация	$УС_{\text{экспл.}} = \sum (КР_l \times ЭМ_l^{\text{рем}})$ <p><math>КР_l</math> – количество ремонтов;  <math>ЭМ_l^{\text{рем}}</math> – эмиссия на ремонт;  <math>l</math> – вид ремонтных работ или обслуживания (например, покрытие, ямочный ремонт)</p>
Реконструкция / Ликвидация	$УС_{\text{ликв.}} = \sum (V_m^{\text{снос}} \times ЭК_m^{\text{мат}}) + \sum (V_n^{\text{перер.}} \times P)$ <p><math>V_m^{\text{снос}}</math> – объем сноса;  <math>ЭК_m^{\text{мат}}</math> – эмиссионный коэффициент <math>m</math> материала;  <math>V_n^{\text{перер.}}</math> – объем переработки <math>n</math>;  <math>P</math> – снижение эмиссий за счет переработки;  <math>m</math> и <math>n</math> – типы материалов и процессы, связанные со сносом и переработкой</p>

## Секция 6. Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

Для первичной оценки, необходимо составить структурированную сводную таблицу (табл. 2), которая будет сравнивать углеродный след на различных этапах жизненного цикла объектов дорожной инфраструктуры. Такая таблица поможет наглядно представить, какие этапы наиболее значимы с точки зрения воздействия на окружающую среду и где существует наибольший потенциал для снижения выбросов углекислого газа.

Цель таблицы – представить оценку углеродного следа на ключевых этапах жизненного цикла дорожной инфраструктуры. Таблица охватывает этапы от добычи сырья до реконструкции или ликвидации дорожных объектов, включая транспортировку материалов, строительство и эксплуатацию дорог.

Таблица 2 – Оценка углеродного следа на разных этапах жизненного цикла

Этап жизненного цикла	Описание деятельности	Оценка углеродного следа (т CO <sub>2</sub> – экв)	Потенциал снижения углеродного следа
Добыча сырья	Добыча и первичная переработка материалов (битум, щебень, известняк)	0,5-2 т CO <sub>2</sub> – экв/т материала	Использование альтернативных, менее углеродоемких материалов; улучшение эффективности процессов
Транспортировка	Транспортировка сырья и материалов на строительную площадку	0,01-0,1 т CO <sub>2</sub> – экв/км	Оптимизация логистики; использование транспорта с низким уровнем эмиссий; максимизация местного производства
Строительство	Использование тяжелой техники и оборудования	1-3 т CO <sub>2</sub> – экв/км дороги	Применение эффективных технологий; использование оборудования на альтернативных источниках энергии
Эксплуатация	Обслуживание и ремонт дорог	0,1-0,5 т CO <sub>2</sub> – экв/км дороги в год	Применение долговечных материалов; регулярное техническое обслуживание для предотвращения крупных ремонтов
Реконструкция / Ликвидация	Реконструкция или ликвидация дорожных объектов и утилизация отходов	0,2-1 т CO <sub>2</sub> – экв/км дороги	Переработка и повторное использование материалов; применение методов биопозитивных и зеленых технологий

Данные, представленные в таблице, основаны на обобщенной информации из доступных научных исследований, отчетов и публикаций, связанных с углеродными эмиссиями в дорожном строительстве. Важно отметить, что приведенные значения являются средними значениями и могут варьироваться в зависимости от множества факторов, включая географическое положение, используемые технологии и материалы, а также специфику конкретных

строительных проектов. Тем не менее, эти данные могут служить отправной точкой для глубокого понимания распределения углеродных выбросов по различным этапам создания и эксплуатации дорожной инфраструктуры и выявления потенциальных направлений для сокращения углеродного следа в дорожном строительстве.

### Заключение

Исследование углеродного следа в дорожно-строительном секторе выявляет ключевые точки для снижения выбросов: начиная с выбора экологически чистых материалов на стадии добычи сырья и заканчивая эффективными методами реконструкции и демонтажа. Оптимизация логистических процессов и применение энергосберегающих технологий в строительстве играют значительную роль в уменьшении углеродного следа. Кроме того, использование материалов, обладающих высокой долговечностью, и внедрение практик устойчивого обслуживания во время эксплуатации дорог минимизируют необходимость частых восстановительных работ. Применение такого рода мер позволяет не только снизить воздействие на окружающую среду, но и способствует более гармоничному сочетанию инфраструктурных проектов с природными экосистемами, поддерживая устойчивое развитие и биопозитивность.

### Список литературы

1. Веселова Д.Н. Политика России в сфере смягчения последствий изменения климата / Д.Н. Веселова // Дискурс-Пи. 2023. Т. 20. № 2. С. 86-105.
2. Калинина А.В. Комплексный подход к оценке жизненного цикла строительства на стадии проектирования с применением программных комплексов / А.В. Калинина, М.В. Петроченко // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. № 1. С. 88-100.
3. Маргалитадзе О.Н. Применение ESG стратегии к зелёному финансированию в России / О.Н. Маргалитадзе // Столыпинский вестник. 2022. Т. 4. № 9. С. 5448-5462.
4. Лукьянец А.С. Оценка масштабов и перспектив влияния климатических рисков на социально-экономическое развитие России / А.С. Лукьянец, А.Д. Брагин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 6. С. 197-209.
5. Королев И.С. Глобальное потепление и энергетический переход (внешнеэкономический аспект) / И.С. Королев // Анализ и прогноз. 2022. № 2. С. 13-22.
6. Дмитриевский А.Н. Цифровая модернизация нефтегазового производства в условиях снижения углеродного следа / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, И.К. Басниева // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2022. № 1. С. 467-476.

## **ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СОСТАВЛЕНИИ СМЕТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Алешина И.А., Ротачев И.С.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Представлены современные цифровые технологии, применяемые в строительной отрасли. Затронуты проблемы по внедрению цифровых ВІМ-технологий в строительной отрасли. Рассмотрена эффективность их использования при проектировании и составлении смет.*

Строительная отрасль является одной из ключевых отраслей мировой экономики, которая постоянно стремится к инновациям и совершенствованию процессов. В последние десятилетия строительство стало сталкиваться с вызовами, требующими более эффективных и точных методов проектирования и управления. В этом контексте технологии ВІМ (Building Information Modeling) пришли на помощь, предлагая интегрированный подход к проектированию, строительству и эксплуатации объектов. В данной статье мы рассмотрим, как ВІМ-технологии применяются в строительной отрасли, особенно в процессе проектирования и составления сметной документации [3].

Использование ВІМ при составлении смет позволяет автоматизировать процесс, исключив ошибки человеческого фактора. ВІМ-модель содержит всю необходимую информацию об объекте, что позволяет создавать более точные и надежные сметы, учитывая все изменения в проекте в режиме реального времени.

Не менее важным преимуществом является улучшение координации и согласованности. Благодаря тому, что ВІМ-модель объединяет все данные об объекте в единой цифровой среде, процесс составления сметы становится более прозрачным и координированным. Все участники проекта имеют доступ к одной и той же информации, что улучшает согласованность и взаимодействие между ними.

Помимо этого, ВІМ-модель может быть использована для оптимизации планирования и управления ресурсами, такими как материалы, трудовые ресурсы и оборудование. Анализ данных ВІМ позволяет выявить узкие места в процессе строительства и разработать эффективные стратегии управления ресурсами.

Автоматизация процесса составления сметы с использованием ВІМ значительно сокращает время, необходимое для этого этапа проекта. Вместо ручного ввода данных с проекта, ВІМ-системы автоматически извлекают необходимую информацию из цифровой модели, что существенно ускоряет процесс [2]. Составление смет с помощью ВІМ-моделей включает создание цифровой модели объекта, атрибутивное моделирование, извлечение данных из ВІМ-модели, расчет стоимости, создание сметы, анализ и корректировку, а также визуализацию результатов. Эти этапы отражены на рис. 1.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

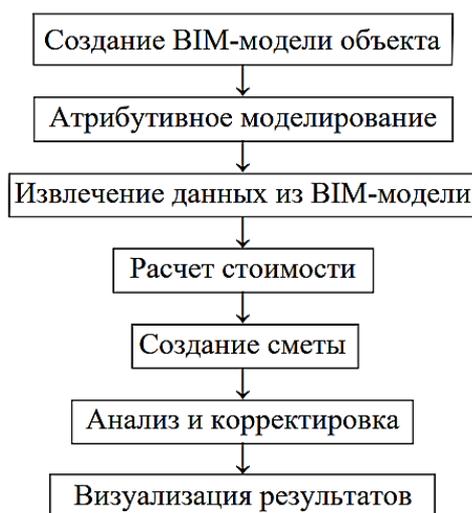


Рис. 1. Схема процесса составления сметы с использованием BIM-технологий

Процесс проектирования объекта начинается с создания цифровой модели здания или инфраструктурного объекта с использованием BIM. Это включает в себя моделирование всех конструктивных элементов, систем коммуникаций, отделочных материалов и других характеристик объекта. Каждый элемент в BIM-модели содержит атрибуты, такие как тип материала, размеры, объемы, стоимость и т.д. Эти атрибуты автоматически связываются с элементами модели и могут быть использованы для расчета стоимости.

Далее с помощью специализированных BIM-систем или программного обеспечения из BIM-модели извлекается информация, необходимая для составления сметы. Это включает в себя объемы материалов, длины конструкций, количество оборудования и многое другое. Полученная информация используется для расчета стоимости каждого элемента проекта. Это может включать в себя учет стоимости материалов, затрат на труд, оборудование, а также накладные расходы и прибыль.

На основе полученных данных составляется смета, которая включает в себя детальное описание стоимости каждого элемента проекта, а также общую стоимость строительства. После составления сметы происходит анализ полученных данных и, при необходимости, корректировка, уточнение стоимости, оптимизация расходов и т.д.

Смета может быть визуализирована с использованием BIM-модели для лучшего понимания заказчиками, инвесторами и другими заинтересованными сторонами [1].

В будущем BIM-технологии могут продолжить развитие и расширение своего влияния на сметное дело. Это включает интеграцию с облачными технологиями, развитие алгоритмов искусственного интеллекта, расширение функциональности BIM-систем, стандартизацию процессов и форматов данных, обучение специалистов и применение BIM в реальном времени. Все это позволит дальше улучшить эффективность и качество составления сметной документации с использованием BIM-технологий [3].

Традиционное проектирование является двумерным – это планы, разрезы

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

и узлы здания с необходимыми элементами, спецификации. Это пакет чертежей смежных разделов, из которых собирается проект. При внесении изменений в проект или необходимости извлечения недостающей информации приходится переделывать необходимый раздел, а за ним все связанные. В таких ситуациях сложность и вероятность ошибок возрастает. При BIM-проектировании с начала постепенно собирается модель исходя из всех исходных данных – параметров участка строительства, технических условий, задания на проектирование, нормативной документации и прочих. После всех проверок модели (в том числе автоматических) и согласования с Заказчиком, начинается формирование проектной документации. С готовой модели начинает извлекаться информация необходимая для строительства – планы, и разрезы, схемы, спецификации и прочая документация необходимая для строительства в привычном виде.

Проведем сравнение составления сметы традиционным способом и в электронном виде с применением BIM-технологий (табл. 1). При проверке сметы первым способом необходимо вручную пересчитывать все объемы работ, затем проверять правильность применения расценок, коэффициентов и индексации. С использованием BIM-моделирования есть возможность устранить эти особенности, а также исключить практически все ошибки, связанные с человеческим фактором, поскольку все данные загружаются в сметную программу из BIM-модели и в дальнейшем только дополняются инженером-сметчиком [2].

Таблица 1 – Сравнение традиционного и BIM-подходов к составлению сметы

Параметры	Традиционный подход	BIM-подход
Точность	Средняя	Высокая
Время выполнения	Длительное	Краткое
Прозрачность	Низкая	Высокая
Координация	Затруднена	Улучшена
Интеграция данных	Ограничена	Полная
Визуализация результатов	Ограничена	Лучшая

Если рассматривать традиционную схему проектирования, то инженер-сметчик приступает к определению стоимости лишь на последних этапах по уже готовой документации. При этом для расчетов должна предоставляться вся информация: ведомости, спецификации с уже подсчитанными объемами работ и т.д., однако инженерам-сметчикам часто приходится определять все значения самостоятельно по чертежам или обращаться за разъяснениями к проектировщикам. Такой подход неизбежно ведет к ошибкам, неточностям и накоплению погрешностей [4].

Однако, хотя BIM-технологии предлагают множество преимуществ, их внедрение в строительную индустрию может сталкиваться с определенными препятствиями. Одним из главных факторов является необходимость обучения персонала и приобретения специализированного программного обеспечения, что требует значительных инвестиций со стороны компаний. Кроме того,

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

существует необходимость в стандартизации процессов и форматов данных, чтобы обеспечить совместимость между различными системами BIM.

Реформа системы ценообразования, которую проводит сегодня Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, результатом которой предполагается переход на ресурсный метод расчета стоимости работ, направлена на оптимизацию бюджетных расходов, использование современных и энергоэффективных строительных ресурсов при производстве строительных работ. Ресурсный метод даёт существенно более точную оценку стоимости, однако ресурсные сметы требуют значительно большего времени на составление и прохождение дальнейшей экспертизы, поскольку эксперты вынуждены проверять все расценки на ресурсы.

Совершенно очевидно, что технология BIM способна принципиально помочь в процессе автоматизации формирования ресурсных смет [5].

### Заключение

Таким образом, BIM-технологии представляют собой мощный инструмент, который значительно улучшает процессы проектирования, строительства и управления объектами в строительной индустрии. Их использование при составлении смет позволяет увеличить точность и надежность сметы, улучшить координацию и согласованность данных, оптимизировать планирование и управление ресурсами, сократить время на составление сметы и обеспечить лучшую визуализацию результатов. Это делает BIM-технологии неотъемлемой частью современной практики в строительной сфере и способствует более эффективному использованию ресурсов и улучшению качества строительства.

### Список литературы

1. Гудков В.В. BIM в строительстве: от моделирования до эксплуатации / В.В. Гудков, В.А. Захаров, О.М. Кирьянова [и др.]. Москва, 2022. 218 с.
2. Малахов В.И. BIM-NET – Базис цифрового строительства. Москва, 2019. 91 с.
3. Вавулина А.С. Ценообразование и сметное дело в строительстве / А.С. Вавулина. Москва: Юрайт, 2023. 617 с.
4. Ещенко Е.М. Информационное моделирование в сметном деле: BIM-технологии / Е.М. Ещенко, И.А. Алешина // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: сб. статей III междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию БГИТУ (Брянск, 26-27 ноября 2020 г.). Брянск: БГИТУ. 2020. С. 292-295.
5. Алешина И.А. Возможности использования BIM-технологий при формировании сметной стоимости строительства / И.А. Алешина // Инновации в строительстве-2020: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ» (Брянск, 25 декабря 2020 г.). Брянск: БГИТУ. 2020. С. 492-495.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Благодер Т.П., Иванов Е.О.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Использование шлакового щебня является перспективным направлением в дорожном строительстве, так как по своим характеристикам он превосходит щебень природного происхождения, а именно по показателям минимальной насыпной плотности, морозостойкости.*

Заметной тенденцией в материалоёмких отраслях является превращение промышленных отходов в сырьё, пригодное для индустриального использования. Это не только способствует сохранению природных ресурсов и снижению экологической нагрузки, но и может принести значительную экономическую выгоду.

Анализ опирается на оценку материалов, применяемых в дорожном строительстве, технологические процессы в строительстве. Важно отметить, что элементы конструктива дорожной одежды непременно связаны друг с другом и износостойкость дорожного покрытия зависит от совокупности всех элементов, при этом повреждение основания, как неотъемлемой части дорожной одежды, является серьёзной проблемой на сегодняшний день.

Основание обеспечивает совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна. Основание должно обеспечивать прочность дорожной одежды, быть морозоустойчивой, обеспечивать дренирование конструкции и создавать условия для снижения толщины вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. Оно может состоять из огромного количества разнообразных материалов в зависимости от внешних условий среды. Для проведения сравнения и оценки подходят щебень.

К числу важнейших проблем металлургии относятся накопление и использование техногенных отходов и вторичных ресурсов [2-4]. Значимая часть этих отходов может быть использована в дорожной отрасли, но лишь небольшая часть от общего количества используется для строительства и ремонта дорог. Щебень из отходов обогащения обладает рядом свойств, сходных со свойствами природного сырья. Одним из таких свойств является наличие зерен пластинчатой

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

и игловатой формы, представленного в табл. 1.

Использование щебня кубовидной формы даёт наиболее плотную утрамбовку. Наличие в щебне зёрен пластинчатой и игловатой форм приводит к увеличению межзерновой пустотности в смеси. Это приводит к увеличению расхода связующего компонента, что приводит к дополнительным материальным затратам. Кроме того, кубовидные зёрна обладают большей прочностью, чем зёрна пластинчатой и игловатой форм. Шлаковый щебень по большей части относится ко II улучшенной группе щебня, варьируя содержание зерен пластичной и игловатой форм от 13 до 15,8 %. Улучшенная группа щебня – группа, наиболее подходящая для использования в дорожном строительстве. Щебень из гранита и щебень из отходов обогащения имеют близкие физические свойства.

Таблица 1 – Наличие зерен пластинчатой и игловатой формы.

Группа	Форма зерна	Содержание зёрен пластичной и игловатой форм, %
I	Кубовидная	до 10
II	Улучшенная	10-15
III	Обычная	15-25

Этому причиной является среднее, то есть близкое к кубовидной группе содержание пластичных и игловатых зерен. Следовательно, использование шлакового щебня экономически целесообразнее и в то же время при строительстве автомобильных дорог обладает лучшими дренирующими свойствами. Стоимость изделий из шлаков ниже, чем традиционных, так как исчезают затраты на разработку месторождений и добычу сырья.

Зерновой состав шлакового щебня, как и других видов заполнителя, подбирается для обеспечения минимальной пустотности. Минимальная насыпная плотность щебня каждой из фракций составляет 1000 кг/м<sup>3</sup>. Насыпная плотность шлакового щебня выше насыпной плотности традиционного щебня на 255 кг/м<sup>3</sup> и в то же время превосходит минимальную в 1,58 раза.

Согласно различным данным, асфальтобетон на заполнителях из отходов обогащения имеет преимущества по ряду свойств по сравнению с асфальтобетоном на гранитном щебне. Эти преимущества проявляются в лучшей морозостойкости шлакового щебня, так как после 150 циклов замораживания и оттаивания асфальтобетон на заполнителях из отходов обогащения не будет деформирован, сохранит начальную массу и прочность.

Гранулированные доменные отходы считаются гораздо лучшим

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

наполнителем, чем гранитный щебень. Застывший шлаковый асфальтобетон имеет больший процент прочности, чем гранитный, в связи с большим сцеплением по отношению к вяжущему. В регионах, где сосредоточены предприятия металлургии, щебневые материалы из отходов обходятся значительно дешевле, чем остальные виды наполнителей. Шлаковый щебень подходит для износоустойчивого асфальтобетона и для применения в качестве недорогой подсыпки: не дробится при укладке и уплотнении, сохраняет ровность при повышенных нагрузках [1, 5].

### Заключение

Таким образом, использование шлакового щебня экономически выгодно, так как снижается общая стоимость строительства за счет замены классического гранитного или известнякового щебня. Шлаковый щебень превосходит щебень природного происхождения по показателям минимальной насыпной плотности, морозостойкости, имеет более высокую плотность и при строительстве и ремонте дорог более выгоден в экономическом плане и превосходит по физическим свойствам щебень из отходов обогащения.

### Список литературы

1. Рахимова Г.М. Песок и щебень из отходов обогащения железной руды для мелкозернистого бетона / Г.М. Рахимова, Д.М. Тажибаева, А.О. Икишева [и др.] // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-11. С. 2445-2449.
2. Романова И.П. Использование отходов металлургической промышленности в строительной индустрии как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряженности / И.П. Романова, О.Б. Бегунов // Территория науки. 2016. № 2. С.53-57.
3. Толымбекова Л.Б. Переработка и повторное использование отходов металлургического предприятия / Л.Б. Толымбекова // Лин-технологии: Бережливое производство. 2023. № 3.
4. Аксенова Л.Л. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной индустрии / Л.Л. Аксенова // Буки-Веди. 2014. С. 106-108.
5. Скрипникова Н.К. Мелкозернистый бетон с использованием отходов металлургии / Н.К. Скрипникова, В.В. Шеховцов, Д.К. Григорьевская // Вестник ТГАСУ. 2019. С. 185-191.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Благодер Т.П., Панасенко Н.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются использование дронов начиная с этапа геодезических изысканий и построения 3D моделей до инспекции безопасности строительной площадки. Данные исследования используются в качестве обоснования экономической эффективности инновационных технологий.*

Строители всегда на поиске новых технологий, которые могли бы ускорить, безопаснее сделать их работу, а также повысить ее эффективность. Для строительной сферы дроны (рис. 1) стали уникальным инструментом для сбора всей необходимой информации в цифровом формате, и при этом со значительной высоты. Последние достижения в области дронов позволяют компаниям, занимающимся строительством, внести революционные изменения в процесс работы, начиная от этапа геодезических изысканий и создания трехмерных моделей до проверок безопасности строительных площадок [1-6].



Рис. 1. Промышленный дрон DJI Matrice 350 RTK

Исследования, проведенные застройщиками как в зарубежных странах, так и в России, показывают, что применение беспилотных аппаратов значительно ускоряет и упрощает ход рабочего процесса. Среди основных положительных сторон внедрения беспилотных систем можно выделить:

Более качественное планирование: Планирование строительства любого объекта начинается с тщательного изучения территории будущего строительства. Ранее это могло занимать много времени, требовать большого числа сотрудников и даже носить опасный характер.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

Применение дронов для создания топографических планов (рис. 2) обеспечивает безопасное и эффективное выполнение этих задач.

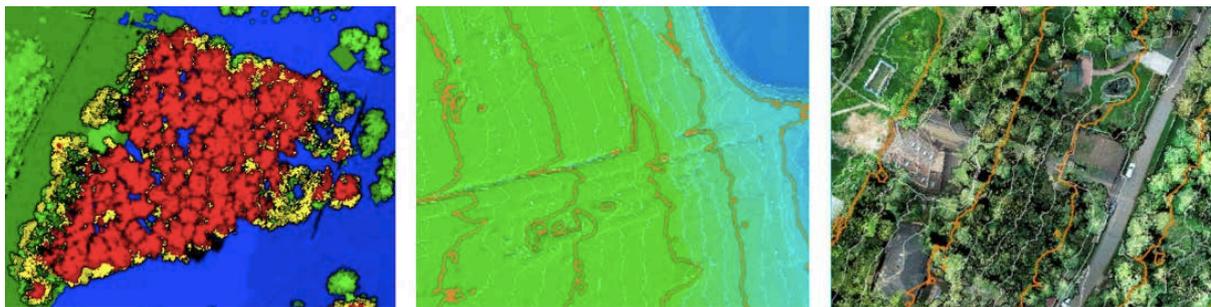


Рис. 2. Воздушное лазерное сканирование для создания топографических карт

Улучшенная координация. Сведения, получаемые от дронов, не ограничиваются начальными топографическими исследованиями. При использовании беспилотных аппаратов для сбора информации в реальном времени, руководители смогут иметь доступ к подробной, непрерывно обновляемой «карте проекта» и передавать эти данные во все отделы компании.

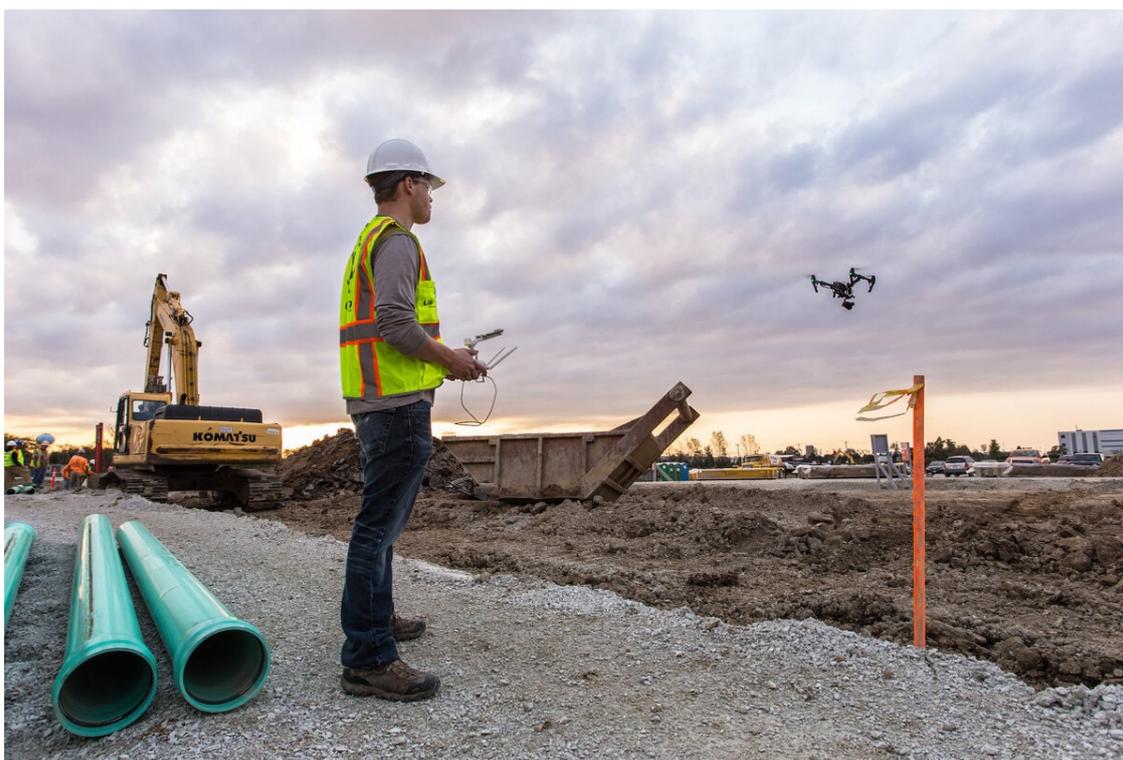


Рис. 3. Сканирование строительной площадки

Безопасность сотрудников является важным аспектом. До появления БПЛА застройщики выбирали территорию для строительства, оценивали возможные риски и затрачивали значительные ресурсы на привлечение необходимого персонала. Теперь, чтобы улучшить условия труда и исключить необходимость работникам подниматься на высотные объекты или преодолевать сложный рельеф, застройщики могут использовать БПЛА. Эти устройства могут

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

выполнять различные задачи из воздуха, минимизируя риск для здоровья работников.

Использование беспилотных аппаратов в настоящее время находит широкое применение на практически каждой строительной площадке, независимо от масштаба проекта и числа работников, задействованных на ней. Вот лишь краткий перечень основных областей, где такие аппараты могут быть применены:

### 6. Проектирование и моделирование:

Проектно-исследовательские работы и 3D-моделирование: строительные компании могут использовать дроны для создания точных 3D-карт (рис. 4) на основе воздушных снимков, что обеспечивает возможность непрерывного мониторинга и обновления данных.

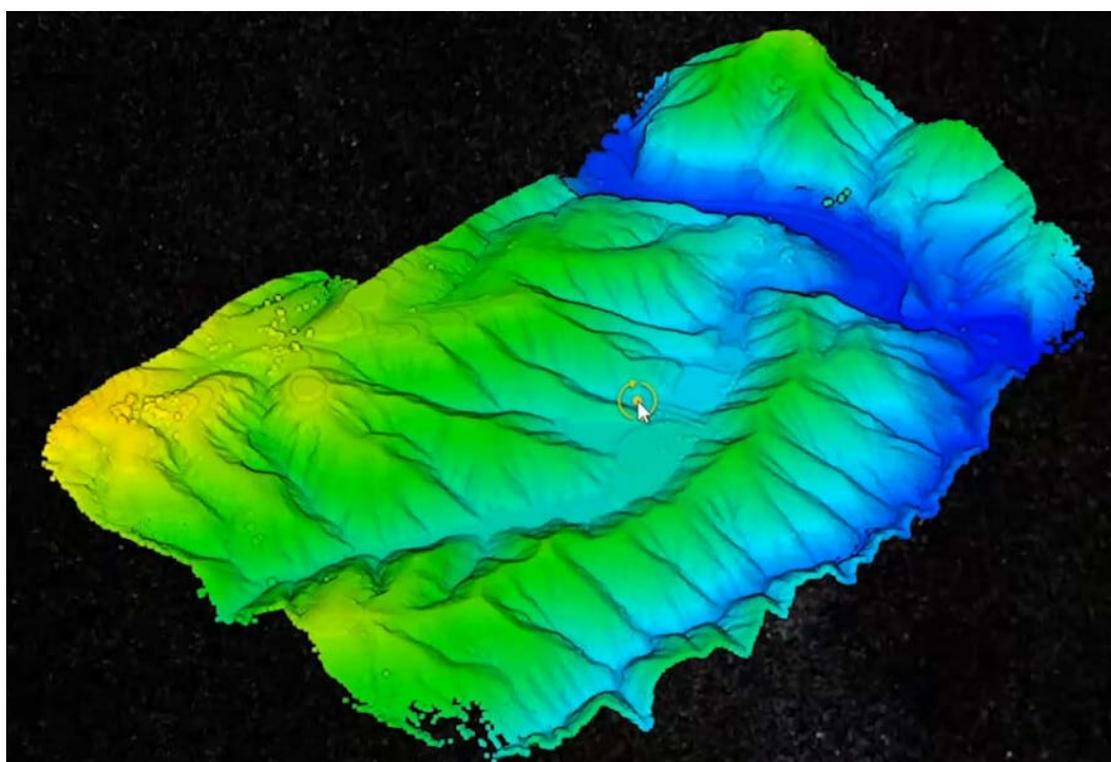


Рис. 4. 3D карта строительного участка

### 2. Управление ресурсами:

Подсчет строительных материалов: использование фотограмметрии и лидаров позволяет точно отслеживать наличие и распределение строительных материалов, что оптимизирует логистику и эффективность использования ресурсов.

### 3. Контроль и безопасность:

Контроль оборудования: дроны помогают наблюдать за перемещениями оборудования на площадке, обеспечивая безопасность работников и сохранность техники.

Инспекции безопасности: осуществление инспекций с помощью беспилотников позволяет контролировать опасные зоны и обеспечивать

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

безопасность работников.

### 4. Информационное моделирование и BIM:

Информационное моделирование строительных объектов (BIM): сравнение данных, собранных дронами, с BIM-моделями улучшает планирование и управление строительством.

### 5. Координация и общее планирование:

Общее планирование и координация: многофункциональность дронов позволяет применять их в различных аспектах строительства, обеспечивая разнообразные перспективы и улучшая эффективность работы.

## Заключение

Экономическая эффективность использования дронов в строительстве определяется тем, что во-первых – это высокая скорость получения и обработки данных, что обеспечивает практически непрерывный сбор и обновление данных. Такое достижение недоступно при использовании традиционных методов мониторинга. Во-вторых – для выполнения задач задействуется гораздо меньше персонала, что сокращает финансовые затраты. И, наконец, время, необходимое для выполнения работ, уменьшается в несколько раз. Кроме того, следует отметить автономность процессов и возможность дистанционного контроля, что снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

## Список литературы

1. Абрахманова Г.И. Тенденции развития информационных и коммуникационных технологий / Г.И. Абрахманова, Г.Г. Ковалева // Форсайт. 2009. № 4 (12). С. 44-55.

2. Беспалов В.В. Информационные технологии / В.В. Беспалов. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2012. 134 с.

3. Тарханова Н.П. Инновации в туризме на основе использования информационных и коммуникационных технологий / Н.П. Тарханова, П.В. Писклаков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2013. Т. 1. С. 538-540.

4. Строительная отрасль учится жить по правилам карантина. Обзор / [Электронный ресурс] // Интерфакс: [сайт]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/705028>.

5. Милкина Ю.А. Внедрение современных информационных технологий в строительную отрасль / Милкина Ю.А., Макарова Е.Е. [Электронный ресурс] // Киберленинка: [сайт]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-sovremennyh-informatsionnyh-tehnologiy-v-stroitelnyu-otrasl>.

6. Кузовлева И.А. Новейшие беспилотные технологии как инструмент повышения конкурентоспособности девелоперских компаний / И.А. Кузовлева, И.С. Будачев, П.А. Малюх // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: сб. трудов V юбилейной междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 524.

## СТОИМОСТЬ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА «ДЕТСКАЯ ШКОЛА ИСКУССТВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛЫ»

Гладнева Д.В., Естехин А.И.

(ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола, Россия)

*В работе рассматриваются инновационные подходы и методы в проектировании детского центра дополнительного образования, обеспечивающие долговечность здания и включающие использование современных технологий, экологических принципов в области архитектурно-планировочной, конструктивной, композиционно-художественной структуры. Представлен предварительный расчет стоимости детской школы искусств с использованием данных решений.*

Работа подготовлена в рамках освоения дисциплины «Технологическое предпринимательство. Часть 2» при выполнении работы командой стартап в прединвестиционную фазу монопроекта.

Актуальность темы состоит в том, что здание дополнительного образования должно представлять из себя индивидуальное и свободное пространство, в котором детям и взрослым будет комфортно проводить свой досуг. Раньше практиковали строительство типовых школ, которые были решены в схожих архитектурно-планировочных и конструктивных схемах.

В настоящее время существует потребность в создании долговечных привлекательных детских учреждений, отвечающих требованиям экологичности, ориентированных на окружающую среду и климат, сохраняющих энергию, и, безусловно, комфортных и удобных для пребывания человека. В России процесс строительства подобных общественных зданий только начинается [1-5].

Цель данной работы заключается в продлении жизненного цикла объекта строительства на основе анализа и расчета стоимости инновационных строительных материалов, применяемых в архитектуре центра дополнительного образования «Детская школа искусств на территории города Йошкар-Олы».

Для достижения цели поставлен ряд задач:

- провести анализ территории и выявить её особенности;
- выявить подходящие данному зданию инновации в сфере строительных материалов и технологий;
- выбор проекта для продвижения из ранее выполненных работ.
- расчёт технико-экономических показателей;
- определить единицы стоимости инновационных материалов и выполнить предварительный расчет стоимости здания.

1. Изучение места проектирования. Анализ территории и её особенности.

Проектируемое здание будет находиться по адресу ул. Водопроводная, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл. В плане участок имеет форму прямоугольника. Проектируемый объект находится на участке со спокойным

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

рельефом.

Климатические особенности города Йошкар-Олы: влажный континентальный климат, отсутствие сухого сезона, теплое лето. В основном, летом преобладающие ветра имеют западное и северо-западное направление, а зимой южное направление. Таким образом можно сделать вывод о том, что здание необходимо разместить на генплане так, чтобы оно было закрыто от зимних ветров, и при этом открывалось летним ветрам.

2. Изучение подходящих данному зданию инноваций в сфере строительных материалов и технологий

Самовосстанавливающийся бетон (СВ). Принцип технологии: в бетон добавлены капсулы с бактериями и питательными веществами для них, которые активизируются при попадании воды. Треснувший бетон с влагой «отстраивается», заполняясь известняком, который продуцируют бактерии. Данный материал был выбран из-за того, что такой бетон обеспечивает долговечность конструкции до 500 и более лет.

Углеродное волокно – это материал, который намного легче железа (на 75 %) и алюминия (на 30 %). Данный материал выбран из-за его лёгкости и теплоизоляционных свойств, так же углеродное волокно не подвержено коррозии. Таким образом, здание с армированием из углеродного волокна будет обеспечивать прочность и долговечность здания до 500 лет.

«Умная» штукатурка – материал, который эффективно поглощает водяные пары из воздуха – около 90 г на 1 м<sup>2</sup>. Одновременно с устранением конденсата «умная» штукатурка также борется с грибками и плесенью.

«Зеленое» строительство, принцип которого заключается в минимизации загрязнения места строительства объекта и максимальном сохранении существующего рельефа, воссоздании озеленения.

К тому же рассматривается оснащение строительной техники системами автоматического управления и контроля.

3. Выбор проекта для продвижения из ранее выполненных работ. Расчёт технико-экономических показателей



Рис. 1. Мастерплан

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**



Рис. 2. Перспективный вид объекта «Детская школа искусств»

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели

№	Признаки, элементы	Показатели
1	Название объекта	Общественное здание: Центр дополнительного образования в г. Йошкар-Оле
2	Этажность	2
3	Размеры здания в осях	37,800×39,000; 28,500×21,000
4	Общая площадь	2948,4 м <sup>3</sup> ; 1197 м <sup>3</sup>
5	Основные строительные материалы	Традиционные: кирпич, железобетон Инновационные: самовосстанавливающийся бетон
6	Фундамент	Ленточный железобетонный с использованием самовосстанавливающегося бетона и углеволокна
7	Стены	Звукопоглощающие, звукоизоляционные с отделкой из фасадных панелей
8	Перекрытия	Железобетонные с использованием самовосстанавливающегося бетона и углеволокна
9	Заполнения проемов	Двери и окна с использованием тройного стеклопакета. В атриумных пространствах используется тройной стеклопакет и система автоматизированных СЗУ

4. Расчёт предварительной стоимости основных конструктивных элементов

Таблица 2 – Расчет стоимости основных конструктивных элементов

№	Части здания, элементы	Рыночная стоимость единицы конструкции (руб./м <sup>2</sup> ; м <sup>3</sup> ; пог. м.; кг)	Рыночная стоимость части (конструкции) здания (руб.)	Планируемый срок эксплуатации единицы части здания (лет)
1	Фундамент ленточный монолитный железобетонный на основе СБ	Бетон: 5545,95 руб./ м <sup>3</sup> . Арматура D12: 58 руб./пог. м. Вязальная проволока: 108 руб./кг	Инновационный железобетонный ленточный фундамент: 28832330,0 руб.	500 лет и более

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

2	<p>Несущий железобетонный каркас (сетка колонн по наружным стенам) на основе СБ</p> <p>Стены несущие внутренние (толщиной 380 мм)</p> <p>Вентилируемый фасад из металлокассет с остеклением</p>	<p>Бетон: 5545,95 руб./м<sup>3</sup>. Арматура D12: 58 руб./пог. м. Вязальная проволока: 108 руб./кг</p> <p>3500 руб./м<sup>3</sup></p> <p>3415 руб./м<sup>2</sup></p>	<p>Инновационный железобетонный каркас: 12570466,4 руб.</p> <p>Кирпичные стены из тёплого кирпича 1 и 2 этажей: 2714600 руб. + 1811700 руб.</p> <p>Вентилируемые фасады из металлокассет с остеклением: 1821225,80 руб.</p>	<p>Техническое обслуживание и текущий ремонт поверхностей стен: в течение жизненного цикла с момента ввода в эксплуатацию; до износа кирпичной кладки 150 лет; до износа бетона 500 лет и более; до ремонта вентилируемых фасадов (50 лет)</p>
3	Перекрытия железобетонные на основе СБ	5545,95 руб./м <sup>3</sup>	Инновационные железобетонные перекрытия: 42650140,04 руб.	Техническое обслуживание и текущий ремонт поверхностей стен: в течение жизненного цикла с момента ввода в эксплуатацию; до капремонта (не требуется); до реконструкции (150 лет); до износа и демонтажа (500 и более лет)
4	Крыша (совмещенная с перекрытием) железобетонная на основе СБ	Бетон: 5545,95 руб./м <sup>3</sup>	Совмещенная крыша (инновационные железобетонные перекрытия, утеплитель, гидроизоляция): 23614097,64 руб.	Ремонт верхних слоев (через 10 лет)
Итого:			Рыночная стоимость основных конструктивных элементов: 1 14014559,88 руб.	Срок эксплуатации здания (500 лет и более)

**Таблица 3 – Стоимость здания и систем**

№	Наименование	%	Стоимость (руб.)
1	Стоимость общестроительных работ	71	114014559,88
2	Стоимость технологического оборудования	4,3	6905107147,5
3	Пусконаладочные работы	1,5	2408758,3
4	Инженерные сети	23,2	37255461,8
5	Стоимость здания	100	160583887,15

**Заключение**

Подтверждена цель инновационного проекта: выполнен анализ и предварительный расчет общей стоимости долговечных инновационных конструкций, технологического оборудования, инженерных сетей стоимостью 160583887,15 руб. для продления жизненного цикла школы искусств.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

Цель способствует выполнению задач стартапа: создание благоприятной среды, отвечающей функциональным, эстетическим, экологическим требованиям и продлению срока службы здания (жизненный цикл 500 и более лет).

Результаты данной работы будут использованы командой стартап при дальнейшем освоении дисциплины «Технологическое предпринимательство. Часть 2» и составлении графика Жизненного цикла школы, состоящего из фаз жизненного цикла – календарного графика (лет, по оси X) и шкалы инвестиций, прибыли, средств на ремонты (тыс. руб., по оси Y).

### Список литературы

1. Мазур И.И. Управление проектами: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / И.И. Мазур [и др.] Москва: Издательство «Омега-Л», 2010. 960 с.

2. Новые технологии в строительстве, которые изменят отрасль уже совсем скоро [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://pr-flat.ru/blog/novye-tehnologii-v-stroitelstve-kotorye-izmenyat-otrasl-uzhe-sovsem-skoro/>.

3. Новые технологии в строительстве: тенденции и современные методы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://infracom74.com/novye-tehnologii-v-stroitelstve-mnogoetazhnyh-domov/>.

4. Климат Йошкар-Олы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%>.

5. Ученые создали самовосстанавливающийся бетон с использованием бактерий [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://sectormedia.ru/news/>.

Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
В РЕГИОНЕ**

Данилов В.К., Кузовлева И.А., Потапенко О.С.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В статье изложены направления развития механизма и системы ключевых показателей программно-целевого управления жилищно-коммунальным хозяйством региона. В исследовании предложены показатели эффективности реализации программ в жилищно-коммунальной сфере региона.*

Программно-целевое управление в жилищно-коммунальном хозяйстве является основным способом управления ресурсами и процессами в рассматриваемой сфере с использованием утвержденных программ и поставленных в них целей достижения определенных результатов. Такой подход позволяет органам государственной власти и местного самоуправления эффективно планировать, контролировать и оптимизировать деятельность в жилищно-коммунальной сфере.

Главной целью такого механизма управления является обеспечение стабильного функционирования систем жизнеобеспечения в экономике, удовлетворение социальных и экономических потребностей в обществе [3].

К основным принципам совершенствования программно-целевого управления в жилищно-коммунальном хозяйстве можно отнести:

1. Установление системы взаимосвязанных целей и задач. Определение четких целей и задач с установлением количественных индикаторов их достижения.
2. Разработка взаимодополняющих подпрограмм. Создание взаимосвязанных программных документов, которые определяют последовательность этапов и мероприятий по достижению поставленных целей.
3. Контроль и анализ. Постоянный мониторинг выполнения программ и анализ результатов для последующей корректировки показателей и совершенствования процесса управления.

Программно-целевое управление позволяет решать множество задач в сфере жилищно-коммунального хозяйства: оптимизация затрат на содержание и эксплуатацию жилищного фонда и объектов коммунальной инфраструктуры, повышение качества предоставляемых услуг, повышение эксплуатационной эффективности, энергоэффективности и др. Данный подход способствует обоснованному и прозрачному управлению жилищно-коммунальным комплексом, что приводит к улучшению жизни населения и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Программно-целевое управление в жилищно-коммунальном хозяйстве направлено на упорядоченное решение проблем данного сектора. Такой метод управления позволяет выявлять нерешенные проблемы отрасли, разрабатывать

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

и реализовывать стратегические и тактические мероприятия для достижения поставленных программных целей.

Применение программно-целевого подхода в жилищно-коммунальном хозяйстве в рыночных условиях с учетом специфики отрасли имеет ряд преимуществ. Он позволяет повысить эффективность управления, оптимизировать затраты и ресурсы, улучшить качество предоставляемых услуг населению, а также обеспечить устойчивое развитие как данной отрасли, так и региональной экономики в целом.

Проведенные исследования и практический опыт регионов показывают, что программно-целевой метод может быть успешно применен для управления жилищно-коммунальным хозяйством на различных уровнях управления: на уровне муниципального образования, региона и страны. Но при этом важно совершенствовать систему показателей для мониторинга и оценки эффективности программно-целевого управления.

Система показателей для мониторинга и оценки эффективности программно-целевого управления в жилищно-коммунальном хозяйстве играет ключевую роль в оценке достижения поставленных целей и задач. При этом важно разработать комплекс показателей, который позволит оценить не только конечные результаты, но и промежуточные, а также эффективность использования ресурсов.

К ключевым характеристикам системы таких показателей можно отнести:

1. Комплексность: в системе оценки должны присутствовать показатели, отражающие различные аспекты деятельности жилищно-коммунального хозяйства: качество предоставляемых услуг, эффективность использования ресурсов, степень удовлетворенности потребителей и другие.

2. Адаптивность: система оценки должна быть гибкой и способной к изменениям внешних условий и стратегий управления.

3. Объективность: показатели должны быть измеримыми, зафиксированными документально и независимыми от субъективных оценок.

К группам показателей, которые могут быть включены в систему мониторинга и оценки эффективности программно-целевого управления в жилищно-коммунальном секторе можно отнести:

- степень выполнения плановых программных задач;
- уровень обеспеченности услугами потребителей и их удовлетворенности качеством услуг;
- эффективность использования ресурсов на развитие жилищно-коммунальной сферы;
- влияние на развитие региональной и национальной экономики.

Использование такой системы мониторинга и оценки эффективности программно-целевого управления позволит руководству и специалистам в жилищно-коммунальной сфере регулярно оценивать достигаемые результаты, выявлять проблемные области и принимать своевременные корректирующие меры для дальнейшего развития отрасли и системы управления данным процессом.

Используемые в настоящее время методики для оценки эффективности

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

реализуемых государственных и муниципальных программ в большинстве своем опираются на общие принципы и рекомендации, которые требуют совершенствования. При этом на уровне законодательных актов необходимо закрепить механизм оценки результатов реализации программы.

Кроме выделения совокупности критериев и показателей оценки эффективности программно-целевого управления, требуется создание системы сбора необходимых данных с их последующей обработкой.

В регионах РФ реализуются государственные программы развития сферы жилищно-коммунального хозяйства, которые направлены на достижение системы целей и решение конкретных задач. Проблемой здесь является то, что для достижения поставленных целей решаются конкретные задачи в рамках реализации подпрограмм и мероприятий, но при этом нет четкой количественной оценки уровня достижения цели за счет решения той или иной задачи.

По нашему мнению, целевые показатели государственных программ в жилищно-коммунальной сфере требуется системной доработки и конкретизации для каждой подпрограммы на уровне региона. Также параллельно требуется их привязать к показателям эффективности использования инвестиционных ресурсов из различных бюджетных и внебюджетных источников.

Систематизация программно-целевого управления предполагает увязку показателей региональной программы и подпрограммы с целями, задачами, мероприятиями, показателями эффективности и количественными индикаторами [1, 2].

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что наибольшие объемы финансирования по государственным программам в сфере жилищно-коммунального хозяйства предусмотрены из регионального бюджета. В то же время используются средства федерального и местных бюджетов, а также внебюджетные источники. В связи с этим при оценке результатов и эффективности реализации программ следует учесть соотношение затрат из различных источников и достигаемых результатов (эффектов) для каждого участника инвестиционного процесса.

Ввиду того, что между показателями эффективности программных мероприятий на региональном и муниципальном уровне нет четкой взаимосвязи и систематизации, в том числе ввиду их реализации различными субъектами, предлагается усовершенствовать подходы к программно-целевому управлению в жилищно-коммунальной сфере.

Изучение опыта различных регионов Российской Федерации, в частности, Чувашской Республики, позволило систематизировать цели, задачи и показатели реализации программ на примере теплоснабжения. К основным показателям программно-целевого развития системы теплоснабжения региона предлагается отнести:

- увеличение коэффициента полезного действия и срока службы теплоснабжающего оборудования;
- снижение расхода тепла в Гкал на 1 м<sup>2</sup> отапливаемых помещений;
- снижение расхода тепла в Гкал на 1 м протяженности сетей

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

теплоснабжения;

- снижение протяженности тепловых сетей на обеспечение теплом на единицу площади жилых домов и других помещений;

- снижение мощность котельных на единицу площади отапливаемых помещений в КВт/м<sup>2</sup>;

- уменьшение удельного расхода м<sup>3</sup> газа на выработку 1 Гкал тепловой энергии;

- снижение затрат на приобретение КВт-час. электричества на выработку 1 Гкал тепловой энергии;

Критериями эффективности реализации целевых программ в жилищно-коммунальной сфере является динамика изменения и достижение определённого уровня различных показателей. При этом в настоящее время не учитывается влияние динамики целевых показателей на основные индикаторы социально-экономического развития региона. Достижение представленных количественных индикаторов предлагается также соотносить с затратами бюджетных и внебюджетных средств на их достижение.

### Заключение

Предлагаемая система показателей представляет собой совокупность количественных индикаторов, образующих целевые показатели региональных программ в жилищно-коммунальной сфере. Необходимо учитывать влияние изменения предлагаемых индикаторов на показатели экономического развития региона, так как применяемые в настоящее время подходы к оценке эффективности региональных и муниципальных программ в основном содержат обобщенные принципы и рекомендации, обладая рядом существенных недостатков. Использование данной системы показателей позволит повысить эффективность применения программно-целевого подхода в управлении жилищно-коммунальным комплексом региона.

### Список литературы

1. Ильина И.Н. Оценка эффективности реализации региональных целевых программ (на примере Тюменской области) / И.Н. Ильина, А.Н. Кириллова, Е.Е. Плисецкий [и др.] // Региональная экономика: теория и практика. 2019. № 46 (373). С. 37-55.

2. Потапенко О.С. Направления повышения эффективности управления реализацией региональных целевых программ в сфере теплоснабжения / О.С. Потапенко, В.К. Данилов // Экономическая политика и ресурсный потенциал региона: VI Всерос. науч.-практ. конф. Брянск: БГИТУ. 2023. С. 32-35.

3. Потапенко О.С., Данилов В.К. Формирование системы целей и показателей программно-целевого управления коммунальным хозяйством / О.С. Потапенко, В.К. Данилов // Финансовый бизнес. 2023. № 8. С. 81-85.

## **ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОЗДОРОВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Кузовлева И.А., Будачев И.С.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия)

*Жилищно-коммунальное хозяйство является одной из ключевых отраслей, влияющих на социальное благополучие государства за счёт решения жилищных проблем и повышения качества базовых услуг населению. На сегодняшний день значимой стратегической задачей антикризисного управления является финансово-экономическое оздоровление и повышение эффективности деятельности жилищно-коммунального хозяйства в масштабе муниципального реформирования, применение положений жилищного кодекса, внедрение новых методов и форм управления.*

Финансово-экономическое оздоровление субъекта экономической деятельности представляет собой совокупность форм, моделей и методов нормирования, оптимизации обязательств и объёмов производства субъекта, позволяющих в срок и в достаточном количестве обеспечить циркуляцию потоков денежных ресурсов, сохраняя баланс тактических и стратегических критериев устойчивости, ликвидности, платёжеспособности. Залогом достижения максимального эффекта финансового оздоровления, эффективного использования профессиональных инструментов, направленных на реабилитацию, является своевременное начало и комплексность соответствующих мероприятий [1].

Финансовое оздоровление предприятий жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) должно реализовываться планомерно с использованием инструментов инвентаризации долговых обязательств, дальнейшей реструктуризации выявленных финансовых задолженностей, внедрением программ финансового оздоровления, цель которых - создать оптимальные условия субсидирования предприятий жилищно-коммунального комплекса с сохранением статуса их платёжеспособности.

Каждый этап процесса финансового оздоровления предприятий жилищно-коммунального комплекса должен включать оценку текущего положения и разработку определённых инструкций, способствующих разрешению кризисной ситуации и перспективному развитию отрасли.

Программа финансового оздоровления, по отношению к реструктуризации задолженности предприятий ЖКХ, должна реализовываться в рамках временного периода, на который составляется и утверждается бюджет государства. Бюджетное финансирование для реализации программы финансового оздоровления предприятий жилищно-коммунального комплекса на следующий бюджетный год должно быть включено в расходную статью бюджетной системы.

Разработку и внедрение в программу финансового оздоровления новых

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

положений и проектов также необходимо внести в бюджетный реестр.

Ответственными за разработку программы финансового оздоровления являются предприятия ЖКХ, при этом принимается проект территориальными комиссиями регионов и муниципалитетов страны [2].

Программа финансового оздоровления включает следующие обязательные направления:

- совершенствование результатов текущей хозяйственной деятельности предприятий ЖКХ за счёт проведения соглашения об изменении условий и сроков погашения задолженности, указанных в кредитном договоре, заключаемом со всеми сторонами договора;

- формирование оптимальных условий финансирования и развития предприятий жилищно-коммунального комплекса;

- поиск дополнительных источников финансовых ресурсов, требуемых для полноценного производства предприятий ЖКХ;

- компенсирование производственных расходов предприятий жилищно-коммунального комплекса, направленных на повышение дохода.

### Заключение

Проведение финансово-экономического оздоровления предприятий жилищно-коммунального хозяйства позволит повысить эффективность выделения финансовых ресурсов из государственного бюджета, привлечь инвестиции в условиях развития конкуренции и государственно-частного партнёрства для финансового обеспечения эффективного управления многоквартирными домами, оказывать более качественные коммунальные услуги, а также услуги по содержанию и ремонту жилого фонда и усовершенствовать бюджетную политику.

### Список литературы

1. Белая М.Н. Анализ процедур оценки качества управляющих организаций жилищно-коммунальных услуг для формирования потребительского рейтинга / М.Н. Белая, С.Е. Кравцова, И.В. Гутовская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 2. С. 86-90.

2. Брылов А.Ю. Инструменты развития антикризисного управления предприятий жилищно-коммунального хозяйства / А.Ю. Брылов // Сервис в России и за рубежом. 2023. Т. 17. № 2 (104). С. 167-168.

## ИННОВАЦИИ СМЕТНОГО НОРМИРОВАНИЯ

Кузовлева И.А., Козенкова Ю.В.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе раскрываются современные тенденции совершенствования сметного нормирования в строительстве, освещаются нововведения и изменения в Федеральной сметной нормативной базе ФСНБ-2022 изм. 9, рассматриваются перспективы развития системы сметного ценообразования в 2024 г.*

В 2024 году продолжается активное внесение инновационных изменений в методику расчета сметной стоимости строительства. Правительство проводит последовательную работу по совершенствованию строительной отрасли. Осуществляется активный переход Российской Федерации на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости строительства.

В настоящее время 85 субъектов Российской Федерации перешли на ресурсно-индексный метод. Для этого в Федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве (ФГИС ЦС – рис. 1) размещены сметные цены строительных ресурсов и информация об индексах изменения сметной стоимости строительства по группам однородных строительных ресурсов (индексы ГОСР), включая объекты капитального строительства с отраслевой спецификой [4].

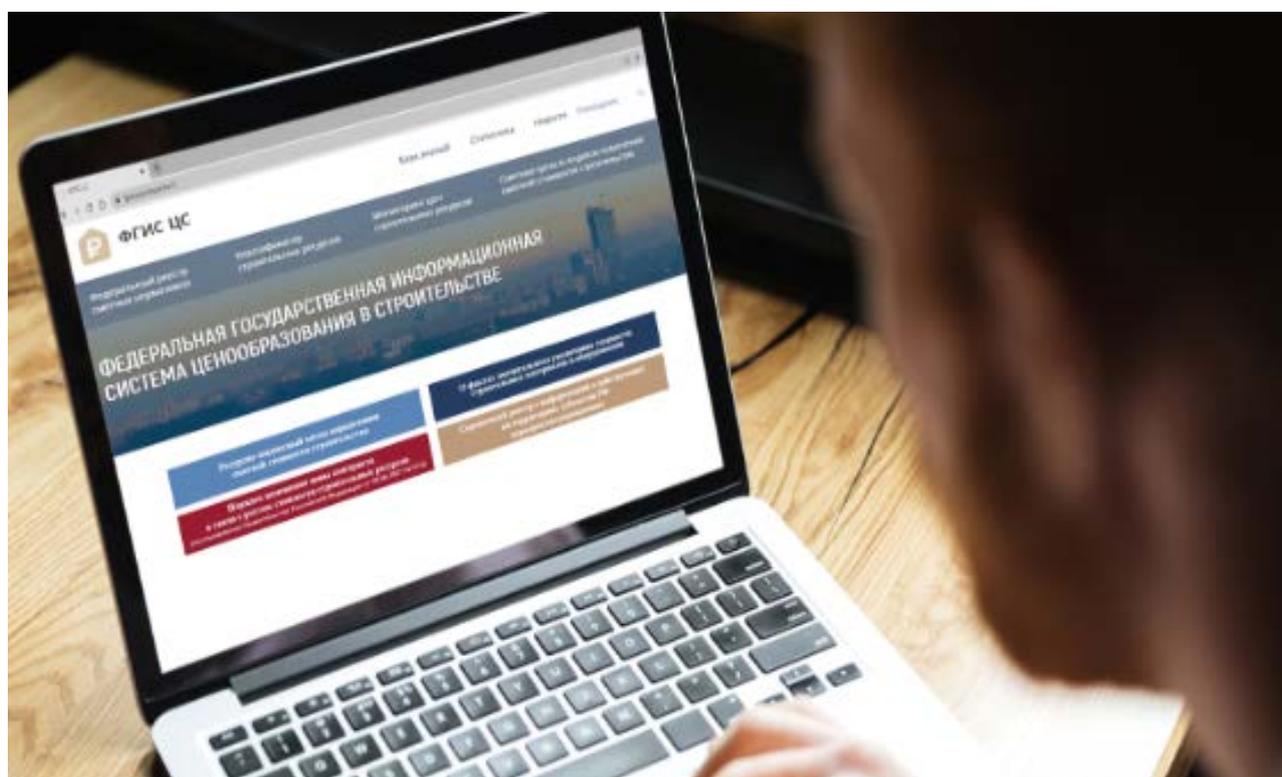


Рис. 1. Внешний вид информационного ресурса ФГИС ЦС

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

Переход на ресурсно-индексный метод (РИМ) стал возможным благодаря эффективной совместной работе Минстроя, ФАУ «Главгосэкспертиза России», специалистов в области ценообразования в строительстве в регионах и отраслевых компаниях.

При ресурсном методе калькулируются все затраты на строительство объекта, он является весьма трудоемким из-за необходимости выполнения многочисленных расчетов. Однако пока идут расчеты, цены на рынке меняются и в итоге смета может уже не отражать их действительный уровень. Чтобы избежать этого и необходимы индексы, которые представляют собой, по сути, показатели роста цены для каждой расценки в смете. Поэтому суть ресурсно-индексного метода поясняют как построчный («поресурсный») перевод в текущие цены с помощью индексов, применяемых к стоимости строительно-монтажных работ (СМР).

В ходе подготовки к переходу на этот метод утверждена новая сметно-нормативная база в уровне цен на 1 января 2022 года, включающая более 54 тыс. норм и более 43 тыс. строительных ресурсов. В соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности актуализирован классификатор строительных ресурсов.

Предстоит большая работа по увеличению объема размещения во ФГИС ЦС информации о сметных ценах строительных ресурсов и своевременному предоставлению отчетных данных, необходимых для ежеквартального расчёта индексов изменения сметной стоимости по группам однородных строительных ресурсов (ГОСР). В дальнейшем это будет способствовать переходу на полноценный ресурсный метод определения сметной стоимости строительства [6].

25 февраля 2024 года был дан старт следующему этапу развития отечественного ценообразования – ресурсно-индексный метод начал внедряться в полноценную практику во всех субъектах Российской Федерации. Так планируется сформировать единую систему сметного нормирования и ценообразования в строительстве в стране.

Дальнейшая задача, обозначенная в «Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года», – это переход на ресурсный метод, на прямые цены строительных ресурсов в информационной системе. К 2030 году стоит задача с помощью цифровых технологий связать систему технического регулирования и систему ценообразования так, чтобы на всем жизненном цикле от старта до утилизации объекта можно было отследить каждое техническое изменение и его стоимость [1].

Дело в том, что техническое регулирование и ценообразование нельзя рассматривать отдельно друг от друга, а связующим звеном здесь выступает цифровизация. Через техническое регулирование государство определяет безопасные для жизни и здоровья людей, а также оптимальные с точки зрения экономической целесообразности и эффективности технические решения. Чтобы техническая и стоимостная нормы работали как единое целое и позволяли создать безопасный и экономичный продукт в виде здания или сооружения,

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

необходимо собрать и проанализировать данные, которые сейчас содержатся в тысячах документах и материалах десятков ведомств, обработать информацию от государственных и коммерческих структур, принимать на их основе рациональные управленческие решения. В современных условиях это возможно сделать только с помощью цифровых технологий [5].

Минстрой России приказом № 102/пр от 16 февраля 2024 года утвердил девятые дополнения и изменения в Федеральную сметно-нормативную базу ФСНБ-2022, вступившую в действие с 25 февраля 2023 года.

В состав девятого пакета дополнений и изменений в базу ФСНБ-2022 (рис. 2) включены 508 новых сметных норм. Изменения затрагивают актуализацию 1762 сметных норм, в том числе введены новые нормы, произведена корректировка состава работ, уточнены наименования сметных норм. Отдельно следует отметить, что часть указанных изменений по актуализации сметных норм произведены на основе обращений профессионалов сметного сообщества, которые анализировали ФСНБ-2022 и направляли предложения по их корректировке.

Кроме того, текущие изменения и дополнения к ФСНБ-2022 предусматривают включение 332 новых строительных ресурсов в сборник «Федеральные сметные цены на материалы, изделия, конструкции и оборудование, применяемые в строительстве в базисном уровне цен» (ФСБЦ), актуализацию 251 вида строительных материалов и удаление 58 ресурсов [6].

13 наименований машин и механизмов дополняют сборник «Сметные цены на эксплуатацию машин и механизмов в базисном уровне цен». Внесены изменения по 28 машинам и механизмам, а также удалены 6 машин и механизмов.

№ п/п	Обозначение	Наименование	Ед. изм.	На единицу	Коэффициенты	Всего с учетом коэффициентов	Стоимость в баз. уровне цен	Индекс	Сметная стоимость в текущем уровне цен			Код индекса
									На единицу	Коэффициенты	Всего	
<b>Раздел 1. Новый раздел</b>												
1	ГЭСН10-06-001-01	Приборы ПС приемно-контрольные, пусковые, концентратор; блок базовый на 10 лучей	шт	1								5 381,67
	1-100-43	Средний разряд работы 4,3	чел.-ч	7,2						306,24		2 204,93
	01.3.05.17-0002	Канфоль сосновая	кг	0,0056		0,0056	284,15	1,16		329,61		1,85 138
	01.7.03.04-0001	Электроэнергия	кВт-ч	0,0832		0,0832				6,96		0,58
	01.7.15.07-0012	Дюбели пластмассовые с шурупами, диаметр 12 мм, длина 70 мм, диаметр шурупа 6 мм, длина шурупа 70 мм	100 шт	0,04		0,04	978,09	1,14		1 115,02		44,60 365
	10.3.02.03-0012	Притон оловянно-свинцовые бессурьмянистые, марка ПОС40	кг	0,06		0,06	899,56	1,61		1 448,29		86,90 455
		Итого прямые затраты										2 338,86
1.1	421/пр_2020_п.75_пл.а	Вспомогательные некорректируемые материальные ресурсы	%	2								44,10
		Итого по позиции										2 204,93
	Пр/812-051.1-1	НР Прокладка и монтаж сетей связи	%	90		90						1 984,44
	Пр/774-051.1	СП Прокладка и монтаж сетей связи	%	46		46						1 014,27
		Итого по позиции										5 381,67
2	61.2.07.03-0014	Клавиатура сегментная для отображения информации о текущем состоянии прибора, управления прибором и ввода информации, размеры 165x116x31 мм	шт	1			2 800,88	0,94		2 632,83		2 632,83 167
		Итого по позиции										2 632,83
		Итого по смете:										
		Итого прямые затраты (справочно)										2 382,96
		Монтажные работы										5 381,67
		Оборудование										2 632,83
		Итого ФОТ (справочно)										2 204,93
		Итого накладные расходы (справочно)										1 984,44
		Итого сметная прибыль (справочно)										1 014,27
		ВСЕГО по смете										8 014,50

Рис. 2. Современный внешний вид локального сметного расчета в Гранд-смете при использовании базы ФСНБ-2022 изм. 9

### Заключение

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в настоящее время работа с базой ФСНБ-2022 возможна только при постоянном ее обновлении и своевременном внесении изменений. Таким образом, наша страна в данный момент времени находится в эпицентре формирования новой системы нормирования и ценообразования в строительстве, что требует активного участия как практикующих инженеров-сметчиков и экспертов, так и научного сообщества в совершенствовании нормативных актов, ресурсной и технологической составляющей Федеральной сметно- нормативной базы ФСНБ-2022.

### Список литературы

1. Агентство новостей «Строительный бизнес». Публикации, новости. Ценообразование в строительстве меняется – к чему это приведет? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ancb.ru/publication/read/16667>.
2. Изменения, которые вносятся в приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2021 г. № 1046/пр «Об утверждении сметных нормативов». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/frsn/standard2022/doc/bc510bbe-9c49-4a4d-9faa-784b7efe152f>.
3. Приказ Минстроя России № 102/пр от 16.02.2024 г. «О внесении изменений в приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2021 г. № 1046/пр «Об утверждении сметных нормативов». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/frsn/reference/7cb8cb8a-35b0-4916-9e56-34d7d56d9976>.
4. РИК / Группа компаний. Обзор новостей. Вести ценообразования и сметного дела. Февраль 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shop.smetarik.ru/images/few24.pdf>.
5. Сметчик. РФ. Техрегулирование, цифровизация и ценообразование - три составляющих развития отрасли. 16 февраля 2024 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.сметчик.рф/news/federalnye/tehregulirovanie-cifrovizaciya-i-cenoobrazovanie-tri-sostavlyayuschih-razvitiya-otrasli>.
6. Новости ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА РОССИИ. Марат Хуснуллин: 85 регионов перешли на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости строительства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gge.ru/press-center/news/marat-khusnullin-85-regionov-pereshli-na-resursno-indeksnyy-metod-opredeleniya-smetnoy-stoimosti-str/>.

Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

**РАСЧЁТ СТОИМОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И УВЕЛИЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ  
ДО 500 ЛЕТ**

Пенкин Ю.А., Иванова Е.Е., Четвертных А.С., Зяблицева К.А.,  
Данилова Д.О., Микрюкова А.С.  
(ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола, Россия)

*С целью сохранения и увеличения жизненного цикла общественного здания в работе рассмотрены инновационные конструкционные и отделочные строительные материалы и конструкции, характеризующиеся длительным сроком безремонтной эксплуатации, значительно превышающим нормативный срок: фундаменты, перекрытия, отделочные материалы. Рассчитана стоимость здания с учетом применения и без применения инновационных материалов и сделаны выводы по увеличению срока жизненного цикла.*

Работа подготовлена на основании выполнения командой стартап в предынвестиционную фазу инновационного моно-проекта по дисциплине «Технологическое предпринимательство. Часть 2».

Проделана работа по выбору архитектурного объекта из ранее выполненных курсовых проектов общественных зданий для его продвижения в моно-проекте. Выбран проект кафе-оранжереи на 50 мест в Ботаническом саду-институте ПГТУ в городе Йошкар-Ола.



Рис. 1. Перспективный вид объекта Кафе-оранжерея

Цель работы: посчитать стоимость здания с применением инновационных строительных материалов, сохраняя стилевые характеристики и функции архитектурного объекта, увеличить сроки его эксплуатации.

Задачи: проанализировать инновационные материалы, применяемые при строительстве выбранного объекта; определить стоимость и срок эксплуатации несущих и ненесущих инновационных конструкций, оказывающих влияние на продолжительность жизненного цикла архитектурного объекта, для обоснования инвестиций и нивелировании рисков.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

1. Анализ строительных материалов, используемых при строительстве объекта

Нами выбраны следующие инновационные строительные материалы несущих и не несущих конструкций:

Смарт-стекло или умное стекло – это новая технология, которая используется в строительстве для светопрозрачных конструкций [1].

Стеклопанельная черепица – это уникальный строительный материал для кровли зданий [2].

«Живая» плитка – это относительная новинка в отделочных материалах, которая моментально меняет рисунок поверхности при прикосновениях или шагах человека [3].

Самовосстанавливающийся бетон – способный к восстановлению и стойкий к различным воздействиям бетон [4].

Инновационные материалы имеют следующие характеристики:

Смарт-стекло: устойчивость к воздействию ультрафиолета; прочность и долговечность смарт-полимерного покрытия; устойчивость к истиранию, механическим повреждениям и воздействию химикатов.

Живая плитка: устойчивость к влаге – может эксплуатироваться в условиях повышенной влажности, что особенно важно для оранжерей; устойчивость к воздействию ультрафиолета; дополнительная шумоизоляция.

Стеклопанельная черепица: неподверженность коррозии, переносимость больших нагрузок, значительный срок эксплуатации, стойкость к ультрафиолету.

Самовосстанавливающийся бетон: самозаполнение микротрещин при помощи живых бактерий, прочнее и долговечнее обычного бетона.

2. Расчет стоимости здания

На данный момент стоимость производства «Самовосстанавливающегося бетона» примерно в 2 раза превышает стоимость производства обычного бетона.

Принимаем выгодное решение: заказываем готовый инновационный бетон марки М-200 класс В15 от завода-производителя «Бетон М» в г. Йошкар-Оле. Доставка миксером до 7 м<sup>3</sup>.

Стоимость за 1 м<sup>3</sup> обычного бетона с доставкой на стройку составляет: 3900 руб.

Стоимость за 1 м<sup>3</sup> самовосстанавливающегося бетона, включая НДС: 7800 руб.

Стоимость самовосстанавливающегося бетона, включая НДС, на весь ленточный фундамент прямоугольного в плане здания:

$$7800 \times [(24,7 \times 3,5) + (35,3 \times 4,5)] \times 0,5 \times 1,8 = 7800 \times 220,77 = 1722 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость арматуры для ленточного монолитного фундамента. Определяем количество продольной, вертикальной, поперечной арматуры и вязальной проволоки (ГОСТ 5781 и 10884). Установлено, что арматура составляет 0,5-3 %, от площади сечения бетонного фундамента. Для ленточного фундамента размерами в плане 24,7×35,5 (м) с несущими наружными и внутренними стенами нам потребуется: рифленой арматуры D 12 мм: 1683 пог. м; гладкой арматуры D 6 мм: 1495,98 пог. м; вязальной проволоки: 68,4 пог. м.

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

Цена за 1 пог. м арматуры D 6-12 (мм): 26 руб. Цена за 1 пог. м. вязальной проволоки: 12 руб.

Стоимость арматуры для ленточного монолитного фундамента:  
 $(26 \times 1683,0) + (26 \times 1495,98) + (12 \times 68,4) = 83,5$  тыс. руб.

Стоимость ленточного монолитного железобетонного фундамента на основе самовосстанавливающегося бетона: стоимость бетона + стоимость арматуры для ленточного фундамента =  $1722 + 83,5 = 1805,5$  тыс. руб.

**2.1. Расчет стоимости стен**

**2.1.1. Стоимость декоративных самонесущих стен «Смарт-стекло»**

Стоимость смарт-стекла = 17,8 тыс. руб. за 1 м<sup>2</sup> [5].

Площадь стен =  $21 + 84 = 105$  м<sup>2</sup>.

Общая стоимость =  $105 \times 17,8 = 1869$  тыс. руб.

**2.1.2. Стоимость несущих кирпичных стен**

Стоимость одного кирпича = 20,4 руб.

Количество кирпичей на наружные стены толщиной 4 кирпича, высотой 3,5 м, длиной  $13,2 + 10,2 + 35,3 = 58,7$  м:  $4 \times 46 \times 490 = 90160$  шт.

Стоимость =  $90160 \times 20,4 = 1839,264$  тыс. руб.

Количество кирпичей на внутренние стены толщиной 3 кирпича, высотой 3,5 м, длиной 20,2 м:  $3 \times 46 \times 182 \times 2 = 50232$  шт.

Стоимость =  $50232 \times 20,4 = 1024,733$  тыс. руб.

Общая стоимость кирпичей несущих стен =  $1839,264 + 1024,733 = 2863,997$  тыс. руб.

**2.1.3. Стоимость ненесущих кирпичных стен**

Стоимость одного кирпича = 20,4 руб.

Количество кирпичей на внутренние перегородки толщиной 1 кирпич, высотой 3,5 м, общей длиной 171,7 м:  $1 \times 46 \times 1431 = 65826$  шт.

Стоимость кирпичей ненесущих стен =  $65826 \times 20,4 = 1342,85$  тыс. руб.

Общая стоимость кирпичей =  $1839,264 + 1024,733 + 1342,85 = 4206,847$  тыс. руб.

**2.2. Расчёт стоимости отделки перекрытия**

Стоимость покрытия пола живой плиткой liquid floor.

Цена 1 шт. – 27999 руб. при покупке от 4 шт. Размер 50×50 см [3].

Площадь покрытия пола =  $7,1 \times 29,7 = 210,87$  м<sup>2</sup>. Количество плитки =  $210,87 \times 2 = 422$  шт.

Общая стоимость =  $422 \times 27999 = 11815,5$  тыс. руб.

**2.3. Расчёт стоимости кровли**

Стоимость кровельного материала – стеклянной черепицы.

Прозрачная черепица имеет размеры 420×330 мм. Материал: акриловое стекло, светопропускание 92 % [2].

Цена за 10 шт. (1 упаковка) =  $840 \times 10 = 8,4$  тыс. руб. Расход – 10 шт. на 1 м<sup>2</sup>.

Длина = 35300 мм, ширина (длина дуги) =  $(3,14 \times 5050 \times 180) / 180 = 15857$  мм.

Площадь отделочной поверхности =  $35,3 \times 15,8 = 557,74$  м<sup>2</sup>.

Необходимое количество = 56 упаковок по 10 штук.

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

Общая стоимость =  $56 \times 8,4 = 470,4$  тыс. руб.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели

№	Характеристики и элементы здания	Показатели
1	Название объекта	Общественное здание: кафе-оранжерея на 50 мест в Ботаническом саду-институте ПГТУ в г. Йошкар-Ола
2	Типологический признак	Общественное здание
3	Этажность	1
4	Размеры здания в осях	24,700×35,300 м
5	Общая площадь	871,91 м <sup>2</sup>
6	Основные строительные материалы	Традиционные: кирпич, металл, навесной вентилируемый фасад. Инновационные: самовосстанавливающийся бетон, «живая» плитка, стеклянная черепица, смарт-стекло
7	Фундамент	Ленточный железобетонный с использованием самовосстанавливающегося бетона
8	Наружные стены	Кирпичные с отделкой навесным вентилируемым фасадом
9	Перекрытия	Железобетонные с использованием самовосстанавливающегося бетона
10	Крыша	Металлические стропила
11	Кровля	Стеклянная черепица
12	Заполнения проемов: двери и окна	Двери и окна с использованием тройного стеклопакета. Входные двери и двери запасных выходов огнестойкие
13	Другие элементы и детали	Отделка пола в обеденной зоне и входной группе выполнена из «живой плитки». Фасады обеденной зоны и входной группы выполнены из смарт-стекла

Таблица 2 – Общая стоимость элементов здания и планируемый срок их эксплуатации

№	Части здания, элементы	Рыночная стоимость единицы части здания (м <sup>2</sup> ; м <sup>3</sup> ; пог. м; шт.)	Рыночная стоимость части конструкции здания (тыс. руб.)	Планируемый срок эксплуатации единицы части здания (лет)
1	Инновационный железобетонный фундамент на основе самовосстанавливающегося бетона, ширина 500 мм	7800 руб./м <sup>3</sup>	1805,48	500 и более
2	Стены: декоративные самонесущие; наружные стены «Смарт-стекло»; несущие кирпичные стены; ненесущие кирпичные перегородки; вентилируемый фасад из керамогранита	17,8 тыс. руб./м <sup>3</sup> 20,4 руб./шт. 20,4 руб./шт.	1869,00 2 863,997 1342,85	500 и более не менее 100 не менее 100
3	Перекрытия:			

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

	отделка пола живой плиткой liquid floor	28 тыс. руб./шт.	11815,5	500 и более
4	Крыша (сводчатая): металлокаркас	10 тыс. руб./шт.	120	500 и более
5	Кровля: стеклянная черепица	8,4 тыс. руб./шт.	470,4	500 и более
Итого:			20287,227	

**Таблица 3 – Общая стоимость здания**

№	Наименование работ и затрат	%	Стоимость (тыс. руб.)
1	Стоимость общестроительных работ	61	137502,32
2	Стоимость технологического оборудования	2,3	5184,514
3	Пусконаладочные работы	1,5	3381,2
4	Материалы и конструкции	9	20287,227
5	Инженерные сети	22,2	50041,827
6	Удорожание работ в зимнее время	1	2254,14
7	Иные, прочие работы и затраты	2	4508,27
8	Непредвиденные работы и затраты	1	2254,14
Общая стоимость здания		100	225413,63

### Заключение

Таким образом, рассчитана общая стоимость строительства кафе-оранжереи, которая равна 225413,63 тыс. руб. Определены наилучшие инновационные материалы и их стоимость для продления жизненного цикла объекта. Цель работы способствует выполнению задач стартапа: создание благоприятной среды, отвечающей функциональным, эстетическим и стилистическим требованиям и продлению срока службы здания (жизненный цикл 500 и более лет).

### Список литературы

1. Донцова А.Е. Стекло с управляемой прозрачностью (smart window) в гражданском строительстве / А.Е. Донцова, А.В. Калинина // Alfabuild. 2018. № 4 (6). С. 73-82.
2. Прозрачная черепица Braas [Электронный ресурс]. URL: <https://www.stroyportal.ru/catalog/section-cherepitsa-metallocherepitsa64>.
3. Каталог живой плитки от компании 3DVL Liquid floor [Электронный ресурс]. URL: [https://www.3dvl.ru/catalog/interaktivnaya\\_poverhnost.html](https://www.3dvl.ru/catalog/interaktivnaya_poverhnost.html).
4. Ученые создали самовосстанавливающийся бетон с использованием бактерий [Электронный ресурс]. URL: <https://sectormedia.ru/news/materialy-i-tehnologii94/uchenye-sozdali-samovosstanavlivayushchiysya-beton-s>.
5. Цены (прайс) на смарт-пленку и смарт-стекло [Электронный ресурс] URL: <https://пропленку.рф/price/>.

## СОДЕРЖАНИЕ СМЕТНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ

Филиппова Т.Я., Ложечко А.С., Башкатов К.С.  
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*Публикация предусматривает рассмотрение области применения сметного ценообразования в рамках методологических подходов, применяемых при оценке рыночной стоимости объектов недвижимости. Совокупность задач по изучению данного вопроса в различных аспектах предполагает акцентировать внимание на экономическом содержании сметного ценообразования и его прикладном экономическом значении в случае применения стоимостных моделей управления и управления стоимостью объектов.*

В общепринятом понимании система ценообразования и сметного нормирования в строительной сфере состоит из совокупности государственных сметных нормативов и других сметных нормативных документов, которые повсеместно необходимы для определения сметной стоимости строительных работ.

Прикладное значение комплекса сметных нормативов и правил по их применению состоит не только в том, что они составляют сметно-нормативную базу ценообразования и сметного нормирования в строительном бизнесе. Важнейшее их значение в профессиональной сфере – применение сметного ценообразования в системе информации с применением, на наш взгляд, в области оценочной деятельности научно подтвержденных положений, объясняющих специфические особенности объектов недвижимости.

Механизм ценообразования в строительстве и, по некоторым вопросам, в оценке недвижимости, соответственно, взаимосвязаны. Законодательные положения [1] и пункты федеральных стандартов оценки [2] при оценке рыночной стоимости недвижимости предполагают и разрешают применение сметного ценообразования при оценке недвижимости в некоторой части, например: обосновании величины корректировок, допускающих количественное измерение; представлении затрат инвестора при оценке рыночной стоимости земельного участка или величины реверсии [3]; расчете затрат инвестора при методе остатка, предполагаемого использования или резерва на замещение.

Однако, следует учесть, что рыночное ценообразование на недвижимость отлично от сметного ценообразования. Изменение ценовой динамики в разных регионах также различается.

Первичный рынок характеризуется влиянием программ по ипотеке и т.д., на вторичном рынке ситуация может складываться неоднозначно, формируется отложенный спрос.

Сбор и анализ информации, необходимой для проведения оценки объекта оценки, в процессе чего изучаются количественные и качественные характеристики объекта оценки, существенные для определения стоимости

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

объекта оценки возможными подходами и методами, которые на основании суждения оценщика должны быть применены – важен.

Тенденции о политических, экономических, социальных, экологических и прочих факторах, оказывающих влияние на стоимость объекта оценки; о спросе и предложении на рынке, к которому относится объект оценки, включая влияющих на спрос и качественных характеристиках данных факторов; о правоподтверждающих документах, об обременениях, о физических свойствах объекта оценки, его технических и эксплуатационных характеристиках, износе и устаревании, существенны для определения стоимости объекта оценки и иногда взаимозависимы.

Достаточность и достоверности информации компенсируется средствами подтверждения и методами, где сметное ценообразование – инструмент для их подтверждения. Существенное различие между применением сметных расчетов и их итогом заключается в том, что тенденции рынка недвижимости как итог системы отношений не является предпосылкой, которая повторится и подтвердит сметные величины. Именно такое изменение содержания в процессе расчетов приобретает первостепенное значение, именно переход от ориентирования на механизм формирования стоимости и ее поддержания после процесса установления (табл. 1).

Таблица 1 – Учет сметного ценообразования в процессе установления  
стоимости объекта недвижимости

Этапы процесса оценки стоимости недвижимости		Элементы сметного ценообразования
Определение (идентификация объекта оценки)	описание объекта по качественным и количественным характеристикам	позволяют учесть
	описание имущественных прав на объект	-
	дата оценки	позволяют учесть
	цель оценки	
	ограничительные условия	позволяют принять за постоянные величины некоторые показатели
Заключение договора об оценке	формулирование задания на оценку, учет сведений предварительного осмотра	-
	определение типа и источника требуемых данных	позволяют учесть
Сбор и проверка данных	внешняя информация	позволяют учесть
	внутренняя информация	
Обоснование и применение подходов к оценке и методов, применительно к каждому из подходов	доходный подход	позволяют учесть в некоторых математических расчетах
	затратный подход	
	сравнительный подход	
Согласование результатов, составление отчета об оценке стоимости объекта недвижимости		

**Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном,  
жилищно-коммунальном и дорожном комплексах**

**Заключение**

В данном случае методика организации информационного обеспечения процесса оценки, дополняемая сметным ценообразованием – важные составляющие для подтверждения основных тенденций в движении цен, рыночной конъюнктуры.

Определение сметной стоимости базисно-индексным методом основано на использовании федеральных или территориальных единичных расценок, которые включают прямые затраты на единицу объема работ и сгруппированы в отдельные сборники, которые преимущественно относятся к доказательной базе. Прямые затраты учитывают стоимость оплаты труда рабочих-строителей, стоимость строительных материалов, изделий, конструкций и эксплуатации строительных машин. Начисление накладных расходов и сметной прибыли при составлении локальных смет производится по итогам прямых затрат в конце каждого раздела или в конце расчета сметы.

Именно возможности соотношения между затратами и их учетом и функции управления стоимостью во времени кардинально меняют цели управления с применением стоимостных моделей.

**Список литературы**

1. Закон Российской Федерации № 135-ФЗ от 29.07.98 г. «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.referent.ru/1/66938>.

2. Федеральные стандарты оценки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/product/ipo/prime/doc/91703>.

3. Забродин А.С. Методы определения величины реверсии при оценке рыночной стоимости недвижимости / А.С. Забродина // Модернизация экономики и формирование технологических платформ (ИНПРОМ-2011): сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург: СПбГУП. 2011. С. 624-627.

## **ПРОБЛЕМЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ЖКХ И УПРАВЛЕНИЯ МКД И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Чуванькина О.М., Кузовлева И.А.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет», г. Брянск, Россия)

*В работе рассматриваются основные кадровые проблемы предприятий жилищно-коммунальной сферы и причины их возникновения. Затрагивается актуальная проблема дефицита кадрового обеспечения в сфере ЖКХ и управления МКД. Приведены предложения по созданию оптимальных условий труда, по формированию условий мотивации для молодых специалистов в отрасли.*

Кадровый дефицит в сфере жилищно-коммунального хозяйства в Брянской области является актуальной проблемой, которая отрицательно влияет на качество обслуживания жилого фонда и уровень комфорта жителей региона.

В 2018 году для повышения качества уровня обслуживания многоквартирных домов в Брянской области на уровне среднего профессионального образования («Брянский строительный колледж имени профессора Н.Е. Жуковского») ввели специальность «Управление, эксплуатация и обслуживание многоквартирного дома». С 2021 года по данному направлению СПО выпустило 56 молодых квалифицированных специалистов по специальности «техник», которые могут работать не только в сфере обслуживания и эксплуатации ЖКХ, но и в других смежных направлениях.

Однако по данным статистики всего лишь 15 % данных выпускников работает по своей специальности.

Одной из основных причин отсутствия квалифицированных специалистов в жилищно-коммунальной сфере региона является недостаточная привлекательность рабочих мест в отрасли для молодых кадров. Низкая заработная плата, ограниченные возможности профессионального и карьерного роста, а также недостаток инвестиций в обучение и повышение квалификации сотрудников заставляют выпускников колледжа трудоустроиваться в других, более конкурентных отраслях и сферах [1].

Следовательно, для решения проблемы кадрового дефицита в сфере жилищно-коммунальных услуг необходимо незамедлительно принимать комплексные меры. Важно формировать стимулы для привлечения молодых специалистов, улучшать условия труда, повышать заработную плату, а также развивать систему профессионального обучения и повышения квалификации работников сферы ЖКХ. Также важно укрепление партнерских отношений между учебными заведениями и предприятиями жилищно-коммунальной сферы для подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

В современном мире сфера жилищно-коммунального хозяйства и обслуживание многоквартирных домов перешла в разряд бизнеса, целью которого является получение прибыли. Поэтому оказание услуг высокого уровня оценивается достаточно дорого. В тоже время качественный сервис предполагает достойную зарплату специалистов, и если у руководства управляющих компаний по обслуживанию многоквартирных домов нет возможности её повышать, то возникают проблемы с мотивацией персонала.

Молодые специалисты должны решать собственные жилищные проблемы. В отдельных случаях им может предоставляться служебное жилье (квартира, комната или место в общежитии) – если у организации на балансе есть соответствующие помещения.

Также мотивацией в трудоустройстве является механизм предоставления беспроцентных или льготных ссуд и кредитов на приобретение жилья. К примеру, в Московской области по программе социальной ипотеки могут приобрести квартиру востребованные специалисты. Участники льготной программы выплачивают банку только проценты, а погашение стоимости жилья полностью берет на себя бюджет Подмосковья [2].

Создание эффективной кадровой политики в сфере жилищно-коммунального хозяйства и обслуживания многоквартирных домов, зависит также от разработанных профессиональных стандартов, которые позволяют усовершенствовать систему подготовки, переподготовки, повышения квалификации и аттестацию сотрудников. Такие стандарты помогают упростить процесс разработки должностных инструкций для каждого сотрудника.

Стратегия развития сферы жилищно-коммунального хозяйства и обслуживания многоквартирных домов с привлечением молодых специалистов и новых технологий должна включать в себя вектор на обучение и развитие персонала, а также на интеграцию современных инструментов и подходов для оптимизации управления жилищным фондом [5].

В России существуют различные государственные программы и инициативы, направленные на привлечение молодых специалистов в сферу жилищно-коммунального хозяйства. Некоторые из них включают:

1. Субсидии и гранты для обучения: государство предоставляет финансовую поддержку молодым людям, желающим получить профессиональное образование в области управления жилищным фондом и коммунальными услугами.

2. Программы стажировок и обменов: различные обменные программы и стажировки в муниципальных предприятиях и организациях ЖКХ, которые предоставляют молодым специалистам возможность приобрести опыт и знания.

3. Льготные кредиты и финансовую поддержку: государственные программы могут предоставлять льготные условия для предпринимательской деятельности в сфере жилищно-коммунального хозяйства, что может быть привлекательно для молодых предпринимателей.

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

4. Повышение привлекательности сферы жилищно-коммунального хозяйства: государство может проводить информационные кампании и мероприятия, направленные на привлечение молодых специалистов в данную сферу, показывая ее важность для общества и потенциал для карьерного роста.

Эти программы могут помочь привлечь молодых специалистов в сферу жилищно-коммунального хозяйства и способствовать их развитию [4].

В Брянской области также должны реализовываться различные программы и проводиться соответствующие мероприятия для привлечения молодых специалистов в сферу жилищно-коммунального хозяйства. Возможные инициативы могут включать:

1. Образовательные программы: организация курсов, семинаров и мастер-классов по управлению жилищным фондом, повышению энергоэффективности и другим актуальным темам для молодых специалистов.

2. Содействие трудоустройству: городские власти могут устанавливать партнерские отношения с предприятиями жилищно-коммунального хозяйства и организациями, чтобы помогать молодым специалистам находить работу и развивать карьеру в данной отрасли.

3. Финансовую поддержку: возможность предоставления городскими властями льготных кредитов, грантов или стипендий для молодых специалистов, желающих заниматься проблемами жилищно-коммунального хозяйства в Брянске.

4. Пропаганду и информационную поддержку: создание информационных ресурсов и проведение мероприятий, направленных на привлечение молодых людей к возможностям карьерного роста в сфере жилищно-коммунального хозяйства [3].

Местные органы власти могут также самостоятельно разрабатывать программы и мероприятия, учитывая специфику и потребности города и его жителей.

Мотивация в управлении связана, прежде всего, с умелым сочетанием методов управления, формированием наиболее действенного стиля руководства. Она реализуется в процессе и формах найма, условиях контракта, системе оплаты и стимулирования труда, повышении квалификации и является (по мнению крупнейших специалистов в области управления) фундаментом любой организации [6].

В действующем федеральном законодательстве (Трудовой кодекс РФ, федеральные законы, принятые по вопросам регулирования трудовых отношений) не содержится понятие «молодой специалист». Однако понятия «молодой специалист», «молодой работник» используется в различных нормативных правовых актах, регулирующих трудовые и иные непосредственно с ними связанные отношения с участием молодых специалистов. В 70-ой статье Трудового Кодекса есть разъяснение о лице, которое завершило обучение в учреждении, получившем государственную аккредитацию, и устроившееся на

## Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

работу по специальности. Обязательным условием считается трудоустройство в течение первого года после получения диплома.

Статус молодого специалиста действует в течение трех лет с момента трудоустройства.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что важную роль в обеспечении качественной работы в сфере жилищно-коммунального хозяйства и обслуживания многоквартирных домов играет привлечение и закрепление молодых специалистов.

Для оптимизации современной кадровой политики необходимо комплексно внедрять на предприятиях, осуществляющих деятельность в сфере жилищно-коммунального хозяйства и обслуживания многоквартирных домов, меры финансовой, нормативной и организационной поддержки.

### Список литературы

1. Аверьянова А.Г. Современные проблемы в сфере управления жилищно-коммунальным хозяйством / А.Г. Аверьянова // E-Sciо. 2019. № 4 (31). С. 308-316.
2. Национальный проект «Жилье и городская среда» [Электронный ресурс]. URL: <https://спроси.дом.рф/>.
3. Официальный сайт Правительства Брянской области [Электронный ресурс]. URL: <http://bryanskobl.ru>.
4. Приказ Минстроя России от 25 апреля 2019 № 240/пр «О создании межведомственной рабочей группы по разработке проекта Стратегии развития жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18298/>.
5. Стексова С.Ю. Модели управления в сфере жилищно-коммунального хозяйства / С.Ю. Стексова, ЮС. Зверчикова // Современные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Хабаровск, 30 апреля 2021 г.). Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет. 2021. С. 406-412.
6. Синякова М.Г. Современные проблемы кадровой политики в сфере жилищно-коммунального хозяйства / М.Г. Синякова // Жилищно-коммунальное хозяйство и качество жизни в XX веке: экономические модели, новые технологии и практики управления. 2018. С. 37.