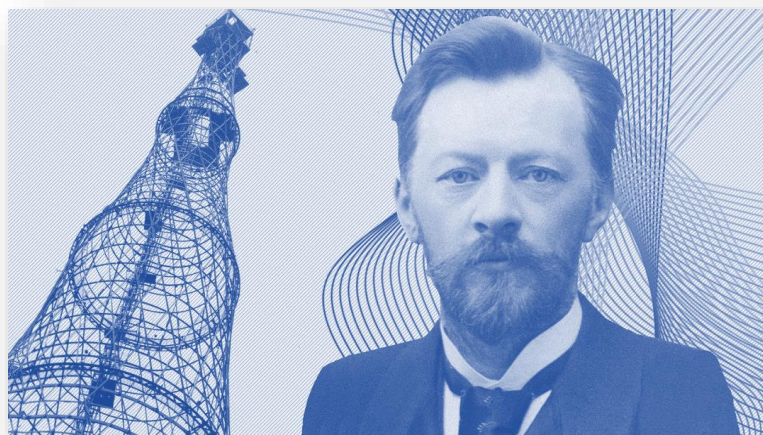


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»

**Международная научно-техническая  
конференция молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова,  
*посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова***



*Сборник докладов*

*Часть 6*

***Эффективные конструкции, материалы и организационно-технологические решения для строительства и жилищно-коммунального хозяйства.***

Белгород  
16-17 мая 2023 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

**Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова [Электронный ресурс]:** Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 6. – 356 с.

ISBN 978-5-361-01142-1

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященной 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01142-1**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

## Оглавление

Агеев А.А.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
БЕТОННОЙ СМЕСИ ..... 12

Алехина А.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕКЕЛЬНОГО МЕТОДА  
СТРОИТЕЛЬСТВА И МЕТОДА ПОДЪЕМА ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ  
ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ  
ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ..... 15

Аль-Мамури Саад К.Ш., Сытов Г.А.

ПУТИ СОЗДАНИЯ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА В СТРАНАХ  
БЛИЖНЕГО ВОСТОКА ..... 21

Арутюнян Л.Г.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КИРПИЧНОГО БОЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ..... 26

Асланов А.В.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ОЦИЛИНДРОВКИ БРЕВЕН ..... 31

Баженова О.О., Чесноков И.А., Шенцев А.М.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА ЭТАПЕ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
ЗДАНИЙ..... 34

Басов В.О., Линец В.В., Гусейнова В.В.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ  
ЧИБИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... 37

Бекк А.Г.

КЛЕЕНАЯ ДРЕВЕСИНА КАК ОТЛИЧНЫЙ ВАРИАНТ  
ЗАМЕЩЕНИЯ БЕТОНУ ..... 43

Бельский И.А., Березкин А.С., Уваров А.В.

ОБЗОР КАРКАСОВ ДЛЯ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ..... 48

Берёзкин А.С., Бельский И.А., Гольцов И.Д. АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕСТНОЙ ВЫТЯЖНОЙ ОБЕСПЫЛИВАЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	52
Бондаренко Р.А., Болотских Ю.Ю., Агеев А.А. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ .....	57
Васильчук Е.А. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОССИИ И В МИРЕ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	60
Войтенко Д.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА (УПРОЩЁННОЙ АЭРАЦИИ) ОЧИСТКИ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ОТ РАСТВОРЁННОГО ЖЕЛЕЗА.....	66
Воробьев Е.Л., Лунин П.И. 3D-ПРИНТЕРЫ: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО .....	70
Губарев С.А., Сытов Г.А. БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГРУНТАХ.....	73
Дедюрина Е.П. ВАНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	76
Домасевич Р.В. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЫКА ПАНЕЛЕЙ НА СДВИГ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ .	81
Дьяченко А.Ю. ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОСНОВАНИЙ .....	84
Елесина Ю.С., Микитинский М.Е.	



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ .....	89
Заикин М.А.	
ГИПЕРБОЛОИД ИНЖЕНЕРА ШУХОВА.....	93
Замуленко А.С.	
ФАХВЕРКОВОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ .....	97
Замуленко А.С.	
ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ФАХВЕРК.....	101
Карпенко М.С.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОММУНАЛЬНОГО СЕКТОРА .....	105
Кислинская Ю.В., Дмитриенко М.В.	
ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ КОРРОЗИИ .....	108
Кодачегова Н.А.	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕНОВАЦИИ МАССОВОГО ЖИЛЬЯ С МИНИМАЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	112
Козлов Т.А., Попов Е.Н.	
СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В МЕСТНЫХ ОТСОСАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ.....	118
Комаров М.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ, РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ .....	122
Кочерженко А.А., Андреева Д.А.	
ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ .....	126

Крутикова М.А.	
СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОБЕТОНОВ ПРИ СОЗДАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ .....	129
Крутикова М.А.	
РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОПОРЫ МОСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ.....	133
Крутикова М.А.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ.....	136
Крутикова М.А.	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОСТА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ .....	139
Икуач Ву Тханг, 1Чан Чи Тиен, 2Ле Чунг Хиеу	
К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ.....	142
Кудрявых А.Д., Гиренко М.Ю.	
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ И НЕМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ЧАСТИЦЫ – ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА .....	146
Кузнецов В.В.	
ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЦИОНАЛЬНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СЕЧЕНИЙ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ .....	150
Кузнецова С.В., Шенцев А.М., Бандюков Д.Н.	
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА .....	154
Лагутин Р.В., Ньямитамбу М.	
СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ.....	158
Лагутин Р.В., Ньямитамбу М.	

КЛАССИФИКАЦИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ.....	165
Левшин Д.Э.	
КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И СФЕРЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ...	169
Лимощенко В.А., Кравченко Н.Ю.	
ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. LVL-БРУС .....	174
Лимощенко В.А., Паршина Т.В.	
СИП ПАНЕЛИ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ .....	178
Маклецова А.А.	
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ .....	182
Мельников Р.В.	
ПЕРЕКРЕСТНО-СТЕРЖНЕВЫЕ (СТРУКТУРНЫЕ) КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ, МЕТОДЫ ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ И ВАРИАНТЫ ОПИРАНИЯ .....	188
Мигулина А.А.	
О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И МЕТОДАХ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ ПРОСТЕНКОВ СТРОЯЩЕГОСЯ ОБЩЕСТВЕННОГО 2-ЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ПОСЕЛКЕ РАКТИНОЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	194
Мишенин В.Н.	
ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НАГРУЗКИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ СЖАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	199
Мишенин В.Н.	
ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ОТ ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ.....	202
Мишенин О.В.	
АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ, ВОЗВЕДЕННЫХ С	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	205
Мусинский Д.А., Сырых А.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	210
Николенко К.С.	
ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	214
Никулин В.С.	
ОПИСАНИЕ ПОРОКОВ, УХУДШАЮЩИХ ДЕФОРМАТИВНО- ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ .....	217
Обернихин Е.В.	
АСПЕКТЫ ЛИНЕЙНОГО И НЕЛИНЕЙНОГО РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	221
Одновол А.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	225
Паршина Т.В., Лимощенко В.А.	
РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	230
Погребняк К.Э.	
ОСОБЕННОСТИ ЗАДЕЛКИ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ .....	234
Покидов Н.А.	
МЕТОДЫ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	238
Попленкин М.С., Сенкевич А.Д., Рябоконе И.Р.	
ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛОК С ГОФРИРОВАННЫМИ СТЕНКАМИ .....	241
Постовой А.А.	

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ВИБРАТОРАМИ .....	251
Руднев С.В., Сабынин В.В., Левшина Д.Э.	
БЕТОНЫ С КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ПОЛИКАРБОКСИЛАТОВ.....	255
Рыженков Е.Н.	
ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ СЖАТО-ИЗГИБАЕМОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ .....	258
Рябокоть И.Р., Сенкевич А.Д.	
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ БАЛОК .....	263
Рябцев Р.А., Болотских А.А.	
СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ.....	267
Рябчевский И.С., Сулейманов И.С., Чесноков И.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВІМ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	271
Рябчевский И.С., Чесноков И.А.	
УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	277
Саввин Н.Ю., Челядинов Д.В., Скороходова М.Р.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	281
Салихов Д.Д., Дьяконов Д.В., Явнюк В.А.	
ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОД СРАВНЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....	285
Седова Е.И.	

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ .....	290
Сенкевич А.Д., Рябокони И.Р.	
ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ...	296
Сибирцев Д.А.	
УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	301
Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.	
НАЧАЛА СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	305
Степанова Е.В.	
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ.....	309
Сырых А.А., Грищенко М.С.	
ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО .....	312
Хабибрахманова А.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ЖКХ .....	317
Чесноков И.А., Ерохин Н.Р.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	321
Чесноков И.А., Комков В.Д.	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛО- И ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	324
Шакиров Э.Р., Маслов И.Н.	

ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННОГО РАЙОНА НА ОСНОВАНИИ ОБНОВЛЁННЫХ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ .....	329
Шаповалова А.В., Щекина Н.А., Золотарева С.В.	
ФИБРОБЕТОН ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	332
Шиляев Г.В., Якушев Н.М.	
ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕКРЕСТНО-СКЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	337
Шинкарь И.Р.	
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	342
Юрченко Э.В., Сиделин В.Э.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШЕЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ БАЛКИ НА ПОДАТЛИВОМ ОСНОВАНИИ .....	345
Янушевская Я.С., Маслов И.Н.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ .....	348
Яркова В.А., Раянов Р.Р.	
СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ.....	353

*УДК 666.97*

*Агеев А.А.*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

Новые технологии транспортировки бетонной смеси, включая беспилотные транспортные средства и роботизированные системы, имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами.

Одним из главных преимуществ является повышение эффективности и скорости доставки бетона на строительную площадку. Беспилотные транспортные средства могут работать круглосуточно без перерывов, что позволяет сократить время доставки и увеличить производительность работ.

Кроме того, роботизированные системы могут обеспечить более точное и равномерное распределение бетонной смеси на строительной площадке, что позволяет снизить количество отходов и улучшить качество строительных работ.

Технологии транспортировки бетонной смеси беспилотными транспортными средствами включают использование специальных грузовиков, которые оснащены системами самонаведения и автоматического управления. Эти грузовики могут передвигаться по строительной площадке без участия человека, используя данные из спутниковых навигационных систем и датчиков расстояния.

В процессе работы беспилотный грузовик может загрузить бетонную смесь на специальной станции и автоматически доставить ее на нужное место на строительной площадке. Грузовик также может контролировать скорость и направление движения, чтобы обеспечить безопасность на строительной площадке.

Такие технологии транспортировки бетонной смеси беспилотными транспортными средствами позволяют существенно улучшить эффективность и точность доставки бетона на строительную площадку, а также повысить безопасность работников [1...5].

Компания SANY также представила автобетоновоз на электроприводе и с автономным вождением. Это инновационное транспортное средство имеет мощность 350 кВт и может работать до 8 часов от одного заряда. Оно также оснащено системой автономного вождения, которая позволяет ему двигаться без участия водителя.





Рис. 1 Беспилотный автобетоновоз от компании SANY

Автобетоновоз SANY на электроприводе и с автономным вождением имеет ряд преимуществ, таких как:

- экологичность и экономия топлива;
- уменьшение шума и вибрации;
- увеличение безопасности на строительной площадке.

Это инновационное транспортное средство уже начали использовать на строительных площадках в Китае, и компания SANY планирует расширить его производство и продажи по всему миру.

Также существуют роботизированные системы для распределения бетона на строительной площадке. Например, компания CIFA разработала робот-насос, который может точно распределять бетонную смесь на строительной площадке.

В 2016 году компания CIFA представила новый Автобетононасос под названием K80H. Этот робот имеет уникальный дизайн и позволяет доставлять бетон на высоту до 80 метров. Кроме того, он оснащен специальной системой управления, которая позволяет ему точно контролировать поток бетона и избежать его разбрызгивания.

Автобетононасос K80H был разработан с использованием самых современных технологий и материалов, что позволяет ему работать в самых экстремальных условиях. Он также имеет высокую производительность и может доставлять до 180 кубических метров бетона в час.



Рис. 2 Автобетононасос Cifa K80H

Эти технологии уже используются на некоторых строительных объектах в разных странах мира, и их использование продолжает расширяться.

Однако использование новых технологий также может вызвать некоторые вызовы и проблемы. Например, необходимость обеспечения безопасности при работе беспилотных транспортных средств и роботизированных систем может потребовать дополнительных затрат на оборудование и обучение персонала.

Кроме того, новые технологии могут потребовать изменения в процессах и структурах управления строительными работами, что может вызвать сопротивление со стороны работников и менеджеров.

Несмотря на эти вызовы, перспективы развития новых технологий транспортировки бетонной смеси остаются высокими. Развитие беспилотных транспортных средств и роботизированных систем может привести к сокращению затрат на транспортировку и улучшению качества строительных работ, что в свою очередь может повысить конкурентоспособность строительных компаний.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Слепухин А.С., Рябчевский И.С. Высококачественные самоуплотняющиеся бетонные смеси // Университетская наука. 2019. № 1(7). С. 55–57.

2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малокова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 48–50.

3. Сулейманова Л.А., Малокова М.В. Повышение качества мелкостручных изделий за счет равномерного заполнения формы жесткой смесью // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 56–60.

4. Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой, механизм его разрушения и оценка этого процесса // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 68–75.

5. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале - основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 154–159.

*Алехина А.А.*

*Научный руководитель: Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕКЕЛЬНОГО МЕТОДА СТРОИТЕЛЬСТВА И МЕТОДА ПОДЪЕМА ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Строительство в условиях плотной городской застройки не перестает быть актуальным, а только продолжает набирать обороты. Города расширяются, количество людей, переезжающих в более крупные, но уже довольно плотно заселенные города, увеличивается. Все это требует появления новых зданий и сооружений в населенных пунктах. Именно поэтому необходимо внедрять новые способы строительства в стесненных условиях, а также совершенствовать новые, уже изученные [1-3].

На сегодняшний день уже исследовано и апробировано несколько методов строительства высотных зданий с развитой подземной частью в условиях плотной городской застройки. В данной статье будут рассмотрены два из них: совершенствованный декельный метод строительства, описанный мной в статье «Совершенствование декельного метода строительства многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки» и метод подъема этажей [4].

Для выбора более удобного и рационального решения возведения зданий в условиях плотной городской застройки рассмотрим технико-экономические показатели вышеперечисленных способов возведения зданий. Это поможет более полноценно охарактеризовать материально-производственную базу и комплексное использование экономических ресурсов каждого метода строительства. Сравнивая два метода возведения, ограничимся следующими условиями: здания имеют одинаковые размеры в плане и одинаковую высоту, используются одинаковые конструкции, изделия и материалы.

Напомним, что сущность возведения зданий и сооружений методом подъема заключается в том, что на нулевом уровне предварительно изготавливают или монтируют из отдельных сборных элементов крупногабаритные строительные конструкции, которые затем по направляющим опорам поднимают вверх и без горизонтального перемещения закрепляют на проектных отметках. В

большинстве случаев плиты перекрытий зданий изготавливают последовательно одна на другой в виде пакета. Направляющими опорами служат железобетонные или металлические колонны, а также железобетонные ядра жесткости. Ядра жесткости обычно изготавливают монолитными в переставной или скользящей опалубке, а железобетонные колонны - сборными высотой на один или несколько этажей. На проектные отметки конструкции поднимают с помощью специального оборудования, устанавливаемого внизу здания или на направляющих опорах. Данный метод открывает большие возможности в выборе архитектурных решений зданий и позволяет создавать выразительные объемно-пространственные композиции с развитой пластикой фасадов. Метод подъема на современной стадии развития пригоден для осуществления строительства зданий в крупных городах с развитой базой в условиях плотной городской застройки [5-7].

Проведя анализ, были получены следующие результаты монтажа здания, которые учитывают весь комплекс работ, необходимых для установки в проектное положение колонн первого и последующего ярусов, армирования и бетонирования пакета монолитных перекрытий, монтажа системы подъемного оборудования, подъема пакета перекрытий на проектные отметки, демонтажа системы подъемного оборудования, определенные по сборникам ЕНиР с учетом цен 1980 года (Таблица 1) [8].

Таблица 1 – Нормативные затраты труда и себестоимость работ при возведении каркаса надземной части здания методом подъема перекрытий

Вид работ	Затраты на единицу измерения			
	Себест-ть монтажа, руб.	в т.ч. машины, руб.	в т.ч. з/п, руб.	Полная труд-ть, чел.-ч.
1	2	3	4	5
Железобетонные колонны первого яруса, устанавливаемые в стаканы фундаментов (на 1м3), при массе одной колонны до 6т	8	2,1	1,65	2,158
Железобетонные колонны, устанавливаемые на нижележащие со сваркой (на 1 м3), при массе одной колонны до 3т	17,1	4,3	4,85	6,16

Панели наружных стен зданий (на 1м2 конструкций без вычета проемов) площадью до 6 м2	4	0,98	0,77	1,11
Монтаж и демонтаж опалубки (бортовой оснастки) перекрытия (на 100м2 поверхности перекрытий "брутто") при площади перекрытия, м до 250м2	108,9	6,41	14,97	17,86
Армирование конструкций (без затрат на товарную арматуру, определяемых дополнительно), на 1т каркасов и сеток.	9,95	0,81	4,21	7,99
Бетонирование конструкций на 1м бетона, уложенного в конструкцию. Вариант подачи бетона краном при площади перекрытия 250 м2 толщиной 16,1-20см	3,4	1,2	0,54	0,825
Монтаж воротников 1 шт. массой до 500кг	17,43	4,64	2,84	3,49
Подъем перекрытий одной плитой	24,85	6,52	7,28	8,57
ИТОГО:	Стоимость экспл. машин (руб.)			26,96
	Затраты труда (чел.-ч.)			48,16
	З/п рабочих (руб.)			37,11
	Себестоимость (руб.)			278,63

По результатам, приведенным в таблице 1, можно сказать, что при возведении зданий методом подъема перекрытий показатели стоимости, расхода основных строительных материалов, затрат труда и сроков строительства до 20 %, а по отдельным позициям и более, ниже, чем показатели зданий, сооружаемых любым другим индустриальным способом. Экономия при методе подъема достигается за счет максимального облегчения строительных конструкций, применения высокоэффективного механического подъемного оборудования, а также в результате усовершенствования архитектурно-планировочных, конструктивных и технологических решений, приводящих в итоге к уменьшению физических объемов конструкций и видов работ. Однако не стоит забывать, что технологическое оборудование и подъемные механизмы, требуемые для возведения зданий данным способом,

дорогостоящие и нуждаются в специальном производстве. Также при монтаже приходится устанавливать специальные стальные воротники, применять сварку воротников с арматурными стержнями сеток плит перекрытий и закладными деталями колонн, и технология ограничена условиями сейсмичности территории строительства (до 7 баллов) [9]. Также следует учитывать коэффициенты изменения затрат  $K_n$  на подъем перекрытий в зависимости от высоты здания (Рисунок 1).

Следующий метод в сравнительном анализе – декельный метод строительства высотных зданий. Вспомним его сущность: устройство котлована по технологии «сверху-вниз», способ предполагает устройство с поверхности земли временных или постоянных опор внутри контура сооружения, поддерживающих перекрытия подземной части здания. Эскавация грунта в котловане производится из-под перекрытий через технологические проемы. Нижележащие перекрытия бетонируются последовательно по мере удаления грунта. В качестве ограждения котлована при строительстве по технологии «top-down» обычно используют «стену в грунте» [10]. Ниже приведены Нормативные затраты труда и себестоимость работ при строительстве каркаса надземной части данным способом, определенные по сборникам ЕНиР (Таблица 2) с учетом цен 1980 года [8].

Коэффициенты изменения затрат  $K_n$  на подъем перекрытий  
в зависимости от высоты здания

Высота здания, м	Метод подъема перекрытий по одной плите					Метод подъема перекрытий по две плиты			
	Коэффициенты					Коэффициенты			
	к текущим затратам				к удельным капитальным вложениям	к текущим затратам			
	себестоимости	затратам на машины	заработная плата	затратам труда		себестоимости	затратам на машины	заработная плата	затратам труда
7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1,07	1,26	0,93	0,93	1,34	1,04	1,22	0,89	0,89
30	1,09	1,32	0,92	0,92	1,43	1,06	1,28	0,87	0,88
36	1,14	1,45	0,91	0,9	1,6	1,1	1,4	0,85	0,85
42	1,2	1,6	0,9	0,89	1,77	1,15	1,54	0,83	0,84
48	1,25	1,74	0,89	0,89	1,94	1,21	0,67	0,83	0,83
54	1,31	1,89	0,88	0,88	2,12	1,26	1,8	0,82	0,82
60	1,37	2,03	0,88	0,88	2,29	1,32	1,94	0,81	0,81
72	1,49	2,32	0,87	0,87	2,63	1,44	2,21	0,8	0,8

Рис. 1 Коэффициенты изменения затрат  $K_n$  на подъем перекрытий в зависимости от высоты здания

Таблица 2 – Нормативные затраты труда и себестоимость работ при возведении каркаса надземной части здания декарным методом

Вид работ	Затраты на единицу измерения			
	Себест-ть монтажа, руб.	в т.ч. машины, руб.	в т.ч. з/п рабочих, руб.	Полная труд-ть, чел.-ч.
1	2	3	4	5
Железобетонные колонны, устанавливаемые на нижележащие со сваркой (на 1 м), при массе одной колонны до 3т	17,1	4,3	4,85	6,16
Установка опалубки перекрытия	0,16	-	0,16	0,22
Сборка каркаса перекрытия в два слоя с вязкой узлов	10,01	-	10,01	14,0
Раскладка греющего провода с креплением на арматурный каркас	4,0	-	4,0	3,13
Подача бетона к месту укладки	19,32	9,66	9,66	27,0
Укладка бетонной смеси в опалубку перекрытия	0,408	-	0,408	0,57
Разборка опалубки перекрытия	0,06	-	0,06	0,09
Вязка арматуры стен в два слоя отдельными стержнями	11,63	-	11,63	15,0
Раскладка греющего провода с креплением на арматурный каркас	4,0	-	4,0	3,125
Установка щитов опалубки одновременно с двух сторон	0,429	0,25	0,179	0,179
Подача бетона к месту укладки	19,32	9,66	9,66	27,0
Укладка бетонной смеси в опалубку стен	1,31	-	1,31	1,84
Разборка щитовой опалубки стен	0,429	0,25	0,179	0,16
ИТОГО:	Стоимость экспл. машин (руб.)			24,12
	Затраты труда (чел.-ч.)			98,47
	З/п (руб.)			56,106
	Себестоимость (руб.)			88,18

В Таблице 3 приведены укрупненные показатели организационно-технологических решений (ОТР) возведения надземной части каркаса здания двумя способами.

Таблица 3 – Укрупненные показатели организационно-технологических решений (ОТР) возведения надземной части каркаса здания

Способ возведения	Себестоимость (руб.)	Трудоёмкость (чел.-ч.)
1	2	3
Метод подъем перекрытий	278,63	48,16
Декельный метод	88,18	98,47

Таким образом, по результатам проведенного анализа можно сделать следующий вывод. Затраты труда при строительстве здания методом подъема перекрытий в два раза меньше, чем при возведении декельным. Однако первый из них является очень дорогостоящим и требует мощных машин и механизмов, что не всегда является доступным при выборе способа монтажа.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чердниченко Т.Ф., Чеснокова О.Г., Тухарели В.Д. Освоение подземного пространства при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений. Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. С. 78-99.
2. Горячев О.М., Прыкина Л.В. Особенности возведения зданий в стесненных условиях. М.: Academia, 2003. С. 270-275.
3. Горячев О.М., Бунькин И.Ф., Прыкина Л.В. Организационно-технологические основы возведения жилых зданий в стесненных условиях //Механизация строительства. 2004. С. 220-225.
4. Алехина А.А. Совершенствование декельного метода строительства многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки: VII Международный студенческий строительный форум – 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.1. – С. 9 -13.
5. Кочерженко В.В. Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 97-110.
6. Гендель Э.М. Восстановление и возведение сооружений способом подъема. - Москва: Госстройиздат, 1958. С. 280-293.
7. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Технология и организация возведения высотных зданий и сооружений: учеб. пособие для студентов направления подготовки 08.04.01 – Строительство, профиля «Технологии, организация и информационное моделирование



строительства». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. С. 130-147.

8. ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1 Здания и промышленные сооружения/Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1987

9. Калашников Н.В., Кочерженко В.В., Технология, организация и механизация строительного производства: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. С. 338-345.

10. Кочерженко В.В. Технология возведения зданий и сооружений: учебное пособие, 2-е изд., перераб. И доп. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. С. 81-97.

**УДК 691.555**

***Аль-Мамури Саад К.Ш., Сытов Г.А.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

## **ПУТИ СОЗДАНИЯ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА В СТРАНАХ БЛИЖНЕГО ВОСТОКА**

Ирак переживает острый энергетический кризис с 2003 года, и ожидается, что в долгосрочной перспективе он усугубится. До сих пор усилия были сосредоточены на стороне предложения, игнорируя столь же важный аспект энергоэффективности на стороне спроса. Технические потери превышают 50% вырабатываемой электроэнергии. Большая часть потерь приходится на жилой сектор, который является крупнейшим потребителем энергии с точки зрения спроса .

Ирак расположен между 29-37 градусами северной широты и входит в регион Ближнего Востока. Климат этой страны типичен для всего Ближнего Востока и классифицируется как: Анализируя климат Ирака становится ясно, что три месяца (декабрь, январь и февраль) представляют холодный период года: а пять месяцев: май, июнь, июль, август и сентябрь составляют жаркий период В то время как в остальные месяцы умеренный период. Анализ потребления электроэнергии на Ближнем Востоке, особенно летом, показывает, что наибольшая часть потребляется в секторе жилых и гражданских зданий ,и что большая часть электроэнергии в этих домах потребляется для целей охлаждения .Доля потребления энергии в жилом секторе Ирака составляет 48%, что представляет собой большой процент потребления энергии от общего

потребления по сравнению с другими секторами [1-22] что связано с характерным жарким и сухим климатом этих стран.

Исследования показали, что количество тепла, передаваемого от стен и потолков зданий внутрь помещений, эксплуатирующийся в условиях сухого пустынного климата Ближнего Востока, составляет около 60-70 %. Остальное тепло проникает через оконные и дверные проемы, полы. Передача наружного тепла через стены и потолки составляет наибольшую часть, что требует наличия кондиционирования воздуха для создания комфортных условий для проживания людей. Теплоизоляция оказывает значительное влияние на сокращение теплопередачи с внешней части здания во внутренние помещения и, тем самым, снижает потребление электроэнергии, используемой для создания комфортных условий для жизнедеятельности людей. Поскольку проблема энергопотребления и стоимость электроэнергии в странах Ближнего Востока весьма высока, вопросы теплоизоляции зданий и сооружений представляют серьезную задачу, требующую своего решения. Кроме того, в последние годы в мире наблюдается существенное изменение климата, известное как явление глобального потепления, что приводит к повышению летних температур. В связи с этим растет спрос на принудительное механическое охлаждение, которое потребляет значительно большее количество электроэнергии, ему соответствует удвоенная генерирующая мощность электроэнергии, поскольку она покрывает 50-70% фактической потребности населения. В последние десятилетия в странах Ближнего Востока возникла проблема увеличения норм энергопотребления в жилых и гражданских зданиях для целей охлаждения вследствие более широкого использования механических методов охлаждения для обеспечения теплового комфорта в помещениях .

Ограждающие конструкции здания являются основным объектом всех операций терморегулирования, которые должны обеспечивать хорошую изоляцию внутренней среды,, едотвращать влияние окружающей среды за счет снижения затрат энергии, необходимой для охлаждения и уменьшения потока тепла из окружающей среды внутрь здания. Исследованиями установлено, что на энергопотребление зданий приходится наибольшая часть общего энергопотребления [2-7].

Одна из главных целей создания благоприятных условий для комфортной жизнедеятельности человека заключается в обеспечении удовлетворительного теплового комфорта и приемлемого качества воздуха в помещении. Для реализации поставленной цели необходимо разработать стратегию рационального проектирования зданий и

сооружений с целью их естественного охлаждения при минимальном энергопотреблении и максимальном комфорте.

Тепловой комфорт определяется совокупностью тепловых условий окружающих человека, выражающихся в удовлетворенности и комфорте, с учетом некоторых факторов, определяющих эти условия, в том числе температуры, среднего теплового излучения, относительной влажности и движения воздуха, а также и физиологических факторов. Дизайн здания и его различных элементов оказывает существенное влияние на контроль падающей на здание солнечной радиации, а также на контроль движения воздуха во внутренних помещениях. Дизайн здания также является одним из наиболее важных факторов, влияющих на снижение теплопритока и снижение нагрузки на охлаждение, что снижает потребление энергии в здании. Конструкция здания включает в себя шесть факторов, представленных в: геометрическая форма строительного блока; строительная ориентация; затенение; размер окна и пропорции остекления; теплоизоляция; Тепловые характеристики строительных материалов ограждающих конструкций [8,9].

В связи с этим тепловые свойства строительных материалов, представленные теплопроводностью материалов, зависят в основном от плотности этих материалов, поэтому конструкторы постоянно стремились использовать строительные материалы с низкой плотностью, то есть с высокой пористостью, путем введения легкие заполнители для производства различных строительных блоков или для производства легких облицовочных растворов или вяжущих, используя их отличные тепловые свойства при сохранении их физических свойств, Его физические свойства, связанные с долговечностью, которые считаются одними из наиболее эффективных эталонов [10-19].

Необходимо найти решения для улучшения текущей ситуации с энергоэффективностью в жилищном секторе Ирака, включая разработку технологии теплоизоляции для сокращения потерь и неоправданного энергопотребления в жилом секторе, что может стать всеобъемлющей основой для продвижения к общему видению защитить окружающую среду, повысить энергоэффективность и сократить выброс, изменение климата и здоровье.

В научном сообществе широко распространено мнение, что глобальное потепление происходит из-за газов, образующихся в результате деятельности человека. Ирак, как известно, сжигает ископаемое топливо, что способствовало в значительной степени загрязнение атмосферы, что приводит к широкому спектру вреда как для окружающей среды, так и для здоровья населения, Увеличение

производства электроэнергии сопряжено с серьезными экологическими проблемами. По оценкам Всемирного банка, годовой выброс двуокиси углерода в Ираке увеличился с 84 млн т в 2000 году до 162 млн т в 2016 году в результате сжигания ископаемого топлива.

Для изучения экономической целесообразности применения теплоизоляторов было проведено сравнительное исследование тепловых расчетов покрытия неутепленного помещения и другого, теплоизолированного, в реальных условиях Ирака и с использованием значений коэффициентов теплоизоляции, которые были полученных в лабораторных условиях при разработке эффективного теплоизоляционного раствора на основе вермикулита и цемента при соотношениях смешивания вермикулита 10%, цемента 90% и необходимых функциональных добавок, для получения раствора, соответствующего требованиям к теплоизоляционной штукатурке с коэффициент теплопроводности 0,064 Вт/(м<sup>2</sup>С), плотность 240-260 кг/м<sup>3</sup>, прочность 1,3-1,43 МПа, как показывают результаты Тепловые расчеты для утепленного здания приводят к увеличению на 37% энергоэффективность по сравнению с неизолированным зданием.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Alsammarae, Aiham; "Electric power 2005"; minister of electricity, Iraq.
2. Ferrari, S. Adaptive comfort: analysis and application of the main indices / S. Ferrari, V. Zanutto // building and environment. 2012. vol. 49. Pp. 25–32.
3. Cen/en15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of buildings: addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics; comite europeen de normalisation: brussels, belgium, 2007.
4. Ozay, N. A comparative study of climatically responsive house design at various periods of northern cyprus architecture / N. Ozay // building and environment. 2005. Vol. 40. Pp. 841–852.
5. Nicol, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot and humid tropics / F. Nicol // energy and buildings. 2004. Vol. 36. Pp. 628–637.
6. Nicol, J. adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings / J. Nicol, M. Humphreys // energy and buildings. 2002. vol. 34. pp. 563–572.
7. Kumar, S. Comparative study of thermal comfort and adaptive actions for modern and traditional multi-storey naturally ventilated hostel buildings during monsoon season in India / S. Kumar, M.K. Singh, R. Kukreja,

S.K.Chaurasiya, V.K. Gupta // Building and Environment. 2019.Vol. 23. Pp.90–106.

8. B, Givoni. Passive and Low-Energy Cooling of Building: Van Nostrand Reinhold, 2004.

9. Parsons,K. Thermal comfort in buildings. Woodhead Publishing Series in Energy.2010, Pp. 127-147

10.Schackow, A. Mechanical and thermal properties of lightweight concretes with vermiculite and EPS using air-entraining agent/ A .Schackow, C.Effting, M.V.Folgueras, S.Guths, G.A. Mendes // Construction Building Materials. 2014. Vol. 57. Pp. 190–197.

11.Sengul, O. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete/ O.Sengul, S. Azizi, F. Karaosmanoglu, M.A. Tasdemir // Energy Buildings. 2011. Vol. 43. Iss. 2. Pp. 671–676.

12.Zhang, H. Building Materials in Civil Engineering / H .Zhang // Woodhead Publishing. UK. 2011. Vol. 1. Pp 440.

13.Degirmenci, N. Use of pumice fine aggregate as an alternative to standard sand in production of lightweight cement mortar/ N. Degirmenci, N.Y. Arin // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. 2011. Vol. 18. Pp. 61–68.

14.Unal ,O. Investigation of properties of low-strength lightweight concrete for thermal insulation / O. Unal , T.Uygunoglu, A. Yildiz // Building and Environment. 2007. Vol. 42. Pp. 584–590.

15.Koksal, F.Effect of high temperature on mechanical and physical properties of lightweight cement based refractory including expanded vermiculite / F.Koksal, O.Gencel, W.Brostow, H. E. Hagg Lobland // Materials Research Innovations. 2012. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 7–13.

16.Lanzon ,M. Lightweight cement mortars: advantages and inconveniences of expanded perlite and its influence on fresh and hardened state and durability/ M.Lanzon, P.A. Garcia-Ruiz // Construction Building Materials. 2008. Vol. 22. Pp. 1798–1806.

17.Загороднюк,Л.Х.Теплоизоляционные растворы с использованием вермикулита и их оптимизация // Л.Х. Загороднюк, С.К.Ш.Аль-Мамури, Д. А. Сумской, А .Л .бочарников // Вестник Инженерной школы ДВФУ. –2023. –№ 1. – С. 90 –101.

18.Аль –Мамури, С.К.Ш. Смешение теплоизоляционных смесей в пневматическом смесителе со спиральной энергонесущей трубкой // С.К.Ш.Аль-Мамури, О.М Шеметова, Л.Х .Загороднюк, А .Л .бочарников // Научный рецензируемый журнал" Вестник СибАДИ". – 2023. –№ 1. – С. 126 – 137.

19. Аль–Мамури, С.К.Ш. Вяжущие композиции с использованием вермикулита для теплозащитных растворов // С.К.Ш.Аль–Мамури, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Сумской, А.Л. Бочарников, О.М. Шеметова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2023. – № 2. – С. 8-19

*УДК 691.4:691.493*

*Арутюнян Л.Г.*

*Научный руководитель: Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИРПИЧНОГО БОЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Строительство в России является одним из самых динамично развивающихся отраслей экономики, которое играет важную роль в развитии общества и повышении качества жизни людей. Оно охватывает широкий спектр деятельности, начиная от проектирования и строительства зданий и сооружений до их реконструкции, модернизации и сноса.

Однако в процессе строительства возникает большое количество отходов, которые могут приводить к серьезным экологическим проблемам, угрожающим здоровью человека и окружающей среде. Кроме того, нерациональное использование строительных материалов и неэффективная утилизация отходов приводят к потере ресурсов и увеличению затрат на их обработку и вывоз [2].

По данным международной организации ООН, годовой объем строительного мусора в мире составляет около 2,01 млрд. тонн. Это означает, что на каждый квадратный метр новостройки приходится примерно 100 кг строительного мусора.

В Европейском союзе ежегодно производится около 820 млн. тонн строительных отходов, в США – около 136 млн. тонн, в Китае – около 1,5 млрд. тонн, а в России – более 100 млн. тонн.

Кроме того, стоит отметить, что объем строительного мусора в мире продолжает расти с каждым годом. По прогнозам экспертов, к 2025 году объем отходов может достигнуть 2,2 млрд тонн. Это связано с тем, что строительство находится в постоянном развитии и расширении, а также с недостаточной эффективностью использования строительных материалов. Для сравнения, в 2018 году объем строительных отходов в мире составил около 2,01 млрд тонн. Таким

образом, прогнозируется увеличение объема строительного мусора на 10% за период между 2018 и 2025 годами [7].

Строительный мусор включает в себя различные материалы, такие как бетон, кирпич, древесина, металлы, пластик и другие.

Согласно статистике, в ходе строительства и после его завершения, неиспользованными остаются отходы строительных материалов, относительные объемы которых представлены на рисунке 1.

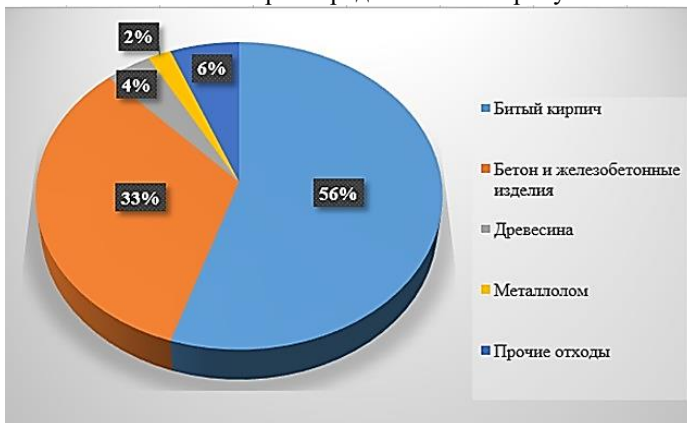


Рис. 1 Типы отходов, неиспользованных после строительства

Проблема строительных отходов становится все более актуальной, особенно в условиях растущей численности населения и увеличения объемов строительства. Современные технологии и методы производства строительных материалов не всегда учитывают экологические аспекты и обеспечивают полную утилизацию отходов. Однако за последние 10 лет в России произошли значительные изменения в области переработки строительного мусора. Были разработаны новые технологии, позволяющие использовать отходы строительства и ремонта в качестве вторсырья для производства новых строительных материалов [5, 6].

Одним из наиболее распространенных материалов является щебень из строительного мусора. Он получается путем дробления и сортировки строительных отходов, таких как бетон, кирпич, асфальт, стекло и многих других материалов.

Производство вторичного щебня является экологически и экономически эффективным решением. С одной стороны, это позволяет значительно уменьшить количество строительного мусора, который оказывает серьезное воздействие на окружающую среду. С другой

стороны, это позволяет сократить затраты на приобретение первичного щебня, что может существенно снизить стоимость строительных работ.

По данным статистики, более 50% от общего объема строительных отходов в России приходится именно на кирпичный бой. Таким образом, использование вторичного щебня из кирпичного боя в строительстве может стать эффективным способом уменьшения объема отходов.

Битый кирпич обладает теми же физическими и механическими свойствами, что и исходный материал. Он сохраняет свою прочность, плотность и устойчивость к разрушению, что позволяет использовать его в различных видах строительных работ. Более того, вторичный щебень может иметь более высокую плотность, чем первичный, что делает его более устойчивым к нагрузкам и давлениям [1].

Кирпичный бой, полученный из строительных отходов, является ценным материалом, который может быть использован в различных сферах строительства. Ниже рассмотрим некоторые из возможных областей применения битого кирпича [8].

### *1. Строительство дорог и автомобильных трасс.*

Использование битого кирпича в строительстве дорог – это один из самых эффективных способов его переработки и применения в крупных строительных проектах. Кирпичный бой может использоваться в качестве заполнителя для основания дорожного покрытия, что позволяет значительно снизить затраты на добычу и транспортировку естественных заполнителей, таких как щебень или песок. Его также можно использовать для укладки насыпей под железнодорожными путями, что обеспечивает хорошую стабильность и прочность.

### *2. Строительство заборов и ограждений.*

Битый кирпич может быть использован в качестве строительного материала при возведении заборов и ограждений. Он обладает высокой прочностью и устойчивостью к различным атмосферным условиям, что позволяет создавать крепкие и долговечные ограждения. Кроме того, применение кирпичного боя позволит воплотить оригинальные и привлекательные дизайны заборов и ограждений, которые можно окрасить в различные цвета и комбинировать с другими материалами, такими как дерево или камень, чтобы создать уникальный вид.

### *3. Использование кирпичного боя для производства строительных композитов.*

Для производства строительных композитов вторичный щебень из кирпичного боя может быть использован как заполнитель в сочетании с полимерными смолами. Это может быть эффективно для создания



легких и прочных материалов, которые также могут иметь устойчивость к влаге и коррозии [3].

Так, например, результаты исследований Соколова А.А. и Хаджиева М.Р. показали, что утилизация вышедшего из употребления керамического кирпича в качестве отощающей добавки в составе керамической массы для получения керамического черепка строительного назначения и для частичной замены природного песка в производстве бетона для мелкогазонаполненных элементов дорожного мощения является перспективным направлением его использования. Вторичные заполнители из кирпичного боя и производственного брака кирпича получают без термической их обработки, что является преимуществом по сравнению с керамзитом и его разновидностями, затраты на топливо и энергии у которых составляют около 30% от всех затрат на их производство.

Стеновые блоки из керамобетона могут применяться в качестве несущих конструкций в жилищном, гражданском и промышленном строительстве. Объёмный вес таких изделий высоких марок примерно в 2,5 раза меньше, чем тяжёлого бетона. Таким образом, мелкоштучные стеновые изделия с использованием керамобетона позволяют существенно снизить вес зданий и конструкций, что способствует получению улучшенных технико-экономических показателей объектов недвижимости.

#### *4. Ландшафтный дизайн и благоустройство.*

Вторичный материал может быть реализован в виде декоративных элементов, таких как дорожки, тропинки, бордюры и т.д., которые могут иметь различные стили, от классического до современного. Также отсев дробления кирпичного боя может использоваться для создания ступеней и подступенков на лестницах, а также для укладки стенок колодцев и септиков, для устройства водоотводных систем, включая дренажные ямы и каналы. Кирпичный щебень может быть уложен в днище канавы или ямы и покрыт верхним слоем грунта, что обеспечивает хорошую фильтрацию и дренаж [4].

Использование техногенных отходов в сфере строительства является одним из основных направлений экологически ответственного подхода к производству и потреблению. В связи с этим, Правительство России разрабатывает меры, направленные на стимулирование использования вторичного сырья, в том числе и битого кирпича, в строительстве.

Одним из способов стимулирования использования вторичного сырья является создание экономических механизмов, таких как налоговые льготы, субсидии, а также снижение стоимости его

транспортировки. Также проводятся информационные кампании с целью повышения осведомленности общественности о преимуществах использования данных отходов.

Таким образом, использование вторичного сырья в виде кирпичного боя является актуальной и перспективной темой в сфере строительства. Благодаря проводимым мерам стимулирования и поддержки, возможно достижение более экологически чистого и устойчивого строительства, что имеет важное значение для будущих поколений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенова, Л. Л. Переработка и утилизация строительных отходов для получения эффективных зеленых композитов / Л. Л. Аксенова, Л. В. Хлебенских, С. Н. Хлебенских. // Современные тенденции технических наук : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). – Казань : Бук, 2014. – С. 63-65.

2. Дрожжин, Р.А. Реновация городских территорий // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России : тр. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новокузнецк, 18–20 октября 2016 г.– Новокузнецк, 2016.– С. 307–310.

3. Сорокин, В.В. Новые полимерные композиты на основе эпоксидной смолы, наполненной техногенными отходами / В. В. Сорокин, О. Н. Шарапов, Н. М. Шунькин, Н. Ю. Кирюшина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 6. – С. 8-13. DOI: 10.34031/article\_5cfe59014559c5.13817036.

4. Опарина, Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учеб. пособие / Л.А. Опарина. – Иваново: ПресСто, 2015. – 256 с.

5. Коротаев, В.Н. Управление техногенными отходами : учеб. пособие / В.Н. Коротаев, Н.Н. Слюсарь, Я.А. Жилинская, Г.В. Ильиных, Т.Г. Филькин. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 390 с.

6. Аль-Хаваф, А.Ф.К. Современная технология производства бетона с добавлением крупного заполнителя из бетонного боя для изготовления несущих железобетонных конструкций / А.Ф.К. Аль-Хаваф, А.И. Никулин // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: сб. науч. стат. Всеросс. науч. конф. В 4-х томах. Отв. редактор А.А. Горохов.– Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2018.– С. 220-224.

7. Фархатов, М.А. Организация переработки отходов бетона и вторичное использование бетонов в строительстве / М.А. Фархатов // Системные технологии. – 2018. – № 26. – С. 100-103.

8. Фоменко, А.И. Отходы керамического кирпича как эффективный компонент строительных композитов / А.И. Фоменко, В.С. Грызлов, А.Г. Каптюшина // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 2-2. – С. 260-264.

**УДК 674.8**

*Асланов А.В.*

*Научный руководитель: Микрюкова Е.В., канд. техн. наук, доц.  
Поволжский государственный технологический университет,  
г. Йошкар-Ола, Россия*

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ОЦИЛИНДРОВКИ БРЕВЕН**

Строительство является одной из крупнейших отраслей материального производства. В строительстве занято более 10% работоспособного населения страны, такова же и доля валового внутреннего продукта, создаваемого в этой отрасли. Строительная отрасль тесно связано практически со всеми отраслями экономики и промышленностью. Его обслуживает более 70 других отраслей экономики, при этом используется более 50 % продукции промышленности строительных материалов, 18 % металлопроката, 40 % пиломатериалов виде круглого леса, досок, паркета, оконных и дверных блоков, более 10 % продукции машиностроения. В то же время, ни одна другая отрасль и сфера деятельности человека не могут развиваться без строительной отрасли [1].

Круглый лес применяется для изготовления оцилиндрованных бревен, которые в дальнейшем идут на производство деревянных домов. Количество отходов возрастает, если форма бревна далека от формы цилиндра, так как увеличивается снимаемый слой при выравнивания диаметра по всей длине оцилиндрованного бревна.

При оцилиндровке бревен образуются несколько видов отходов, имеющие различные форму и фракционный состав. На первом этапе образуются отходы преимущественно игольчатой стружки с большим содержанием коры (если не производилась предварительная окорка бревен). Эти отходы могли бы быть использованы для изготовления древесностружечных плит, но в них содержится большое количество древесной коры, и ее трудно будет отделить от стружки.

Для изготовления древесностружечных плит используют игольчатую стружку размером от 2 до 5 мм для среднего слоя и до 0,3 мм для наружных слоев. Содержание древесной коры в такой стружке допускается до 3-10 % в зависимости от сорта плит [2].

Существуют еще ориентированно-стружечные плиты (OSB), которые изготавливают из плоской крупноразмерной стружки размерами не менее 100 мм в длину и 10 мм в ширину при толщине 0,3—0,5 мм [2].

Целью работы изучение физико-механических свойств плитных материалов, изготовленных из отходов черновой оцилиндровки бревен.

Для изготовления плитных материалов были взяты отходы черновой оцилиндровки сосновых бревен. Отходы были высушены до влажности 6 %, а затем из них методом горячего прессования изготовлены плитные материалы. В результате этого было изготовлено несколько типов плитных материалов (рис. 1):

- I. из крупной стружки с содержанием коры 50%;
- II. из крупной стружки с содержанием коры 20%;
- III. из мелкой стружки с содержанием коры 20%;
- IV. из крупной стружки без содержания коры;
- V. плита OSB промышленного производства (контрольные образцы).



Рис. 1 Образцы плитных материалов из отходов оцилиндровки бревен

Толщина изготовленных плитных материалов составила 13 мм. Прессование плит проходило при температуре 160°C в качестве связующего материала использовалось карбамидоформальдегидная смола с отвердителем  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (хлоридный аммоний).

После технологической выдержки материалов были выпилены образцы для определения плотности и способности удерживать крепление шурупами.

Испытания проходили в соответствии с ГОСТ 10637-2019 «Плиты древесно-стружечные. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов». Для проведения испытаний были изготовлены образцы размером 50x50мм и толщиной равной толщине плитных материалов. Схема проведения испытаний представлена на рисунке 2.

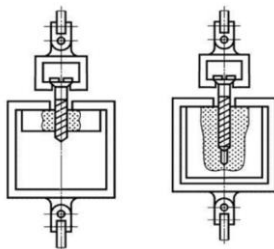


Рис. 2 Схема проведения испытаний (ГОСТ 10637-2019)

Удельное сопротивление выдергиванию шурупов определялось по формуле:

$$q_{ш} = \frac{P_{\max}}{l},$$

где  $P_{\max}$  – наибольшая нагрузка, Н;  $l$  – длина несущей резьбовой части шурупа, мм.

Результаты определения физико-механических свойств плитных материалов из отходов оцилиндровки бревен представлены в таблице.

Таблица – Результаты определения физико-механических свойств плитных материалов из отходов оцилиндровки бревен

Тип	Состав	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельное сопротивление вырыванию шурупов, Н/мм		Нормативные показатели (ГОСТ 10632), Н/мм	
			пласть	кромка	пласть	кромка
I	50% коры и крупная стружка	865,91	59,34	-	55-35	43-30
II	20% коры и крупная стружка	778,9	91,53	8,5		
III	20% коры и мелкая стружка	774,49	52,3	5,56		
IV	0% коры и крупная стружка	811,08	90,52	-		
V	OSB	561,02	92,61	-		

Все образцы плитных материалов по показателю удельного сопротивления выдергиванию шурупов из пласти соответствуют стандарту. Чем меньше содержание древесной коры в плитных материалах, тем меньше удельное сопротивление выдергиванию

шуропов. Это связано с худшими прочностными показателями древесной коры. Образцы из более крупной стружкой имеют более высокие показатели, чем образцы из мелкой стружки.

Наилучшие показатели удельного сопротивления выдергиванию шуропов из пласти у плит II и IV типов, плотность которых 778,9 и 811,08 кг/м<sup>3</sup> соответственно. Самый низкий показатель у плит III типа, плотность которых 774,49кг/м<sup>3</sup>.

Удельное сопротивление выдергиванию шуропов из кромки показывают, что при использовании плит из отходов оцилиндровки не целесообразно проводить крепления в кромку, так как этот показатель ниже нормативных значений.

По результатам проведенных исследований выяснили, что плиты изготовленные из отходов оцилиндровки можно использовать в конструктивных целях, но при изготовлений плит необходимо учитывать соотношение коры и стружки, а также при использовании плит из отходов оцилиндровки стараться производить крепление в плась.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Казаков, Н.А. Строительная индустрия в народно-хозяйственном комплексе страны/ Н.А. Казаков // Молодой ученый. – 2015. – № 2 - С.268-269.

2. Волынский, В. Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит. Учебное пособие для вузов. / В. Н. Волынский. – Таллин: Дезидерата, 2004. – 192 с.

**УДК 004.9**

***Баженова О.О., Чесноков И.А., Шенцев А.М.***

***Научный руководитель: Марушко М.В., ст. преп.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗДАНИЙ**

В настоящее время активно развиваются средства автоматизированного проектирования (САПР), что не может не сказаться на эффективности и универсальности реализации

строительного процесса. Среди широкого спектра альтернатив САПР особое место занимает продвижение интеллектуального проектирования, а точнее информационного дизайна. BIM (Информационное моделирование зданий), имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с устоявшимися системами САПР (автоматизированное проектирование) [1-3]. Кроме того, технологии BIM эффективны, поскольку они рекомендуются не только на этапе проектирования, но и на этапах строительства и эксплуатации зданий.

BIM – это модель здания, созданная на основе различных соответствующих информационных данных строительных проектов. С помощью моделирования цифровой информации моделируется реальная информация о зданиях. BIM – это интегрированный процесс, построенный на основе проектирования, строительства, координации операций и информации о проекте, который имеет пять характеристик: визуализация, координация, моделирование, оптимизация и рисование. Используя BIM, строительные компании могут внедрять инновации, проектировать и рисовать проекты с единой информацией на протяжении всего процесса, а также могут лучше общаться с помощью аутентичного моделирования и архитектурной визуализации, чтобы все стороны, участвующие в проекте, могли понять период строительства, условия в реальном времени. на месте, основная информация о проекте, такая как стоимость и воздействие на окружающую среду [4].

На этапе эксплуатации и технического обслуживания BIM может применяться в следующих аспектах: предоставление исполнительной модели, планирование технического обслуживания, анализ системы здания, управление активами, управление пространством и анализ, планирование предотвращения стихийных бедствий и моделирование чрезвычайных ситуаций.

План поставки и технического обслуживания исполнительной модели: после того, как строительная группа завершит необходимые испытания и корректировки модели BIM, а затем представит ее владельцу, менеджер по эксплуатации и техническому обслуживанию может получить не только проектные и исполнительные чертежи, но и BIM-модель, отражающая реальную ситуацию, включающая в себя записи о процессе строительства, расходе материалов, записи о вводе в эксплуатацию и состоянии оборудования и другую информацию. BIM может органично интегрировать информацию о пространстве здания, информацию об оборудовании и др. В сочетании с системой управления эксплуатацией и техническим обслуживанием он может в полной мере использовать преимущества пространственного позиционирования и записи данных, разумно формулировать планы эксплуатации,

управления и обслуживания и минимизировать затраты. стоимость эксплуатации [5].

Управление активами: создавайте исторические записи о работах по техническому обслуживанию с помощью BIM, который может отслеживать состояние объектов и оборудования, заранее прогнозировать применимое состояние некоторого важного оборудования и автоматически подсказывать оборудование и объекты, которые необходимо обслуживать, в соответствии с записями о техническом обслуживании и техническом обслуживании. планы, запись неисправного оборудования от диспетчерского обслуживания до приемки завершения, повторного визита и т. д., чтобы реализовать управление процессом. Кроме того, если систему управления активами на основе BIM можно объединить с Интернетом вещей, таким как система управления парковкой, интеллектуальная система мониторинга и система защиты, для реализации централизованного фоновое контроля и управления, она сможет решить реальные проблемы. Мониторинг активов в реальном времени, запрос в реальном времени и позиционирование в реальном времени, а также реализация взаимосвязи, взаимосвязи и обмена информацией между различными системами.

Моделирование предотвращения стихийных бедствий: на основе богатой информации модели BIM модель может быть импортирована в программное обеспечение для анализа моделирования стихийных бедствий в форматах IFC и других обменных форматах для анализа причин бедствий и формулирования мер по предотвращению бедствий и планов действий в чрезвычайных ситуациях. После стихийного бедствия модель BIM предоставляется спасателям в наглядном виде, что позволяет спасателям быстро найти подходящий маршрут оказания помощи при стихийных бедствиях и повысить эффективность оказания помощи при стихийных бедствиях.

Управление пространством: применение технологии BIM может обрабатывать различные запросы на изменение пространства, разумно организовывать потребности различных приложений и регистрировать использование, аренду и изъятие пространства, чтобы реализовать весь процесс управления пространством [6].

Не только государственным подрядчикам, но и всем строительным организациям необходимо подготовиться к переходу на работу с использованием технологий информационного моделирования. Система норм гражданского строительства почти готова, но сам рынок еще не готов создать этот спрос. В частных пилотных проектах предприятия пытаются использовать информационное моделирование



для получения конкурентного преимущества, но крупные компании каким-то образом задают тон между потребностями пользователей и опытом для соблюдения технических норм безопасности. кодексы поведения, обязательные и добровольные стандарты, потребительские предпочтения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве. – Белгород, 2018.
3. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.
4. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
5. Чегодаева, М.А. Функциональность информационной модели на этапах проектирования, строительства и эксплуатации // Молодой ученый. 2016. №25. С. 102-105.
6. Скворцов, А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №1 (4). С. 16-23.

*УДК 666.3.046.4*

*Басов В.О., Линец В.В., Гусейнова В.В.*

*Научный руководитель: Перетоккина Н.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ ЧИБИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Керамический кирпич является весьма распространённым и востребованным строительным материалом ввиду своей долговечности, экологичности и простоты производства.

При производстве керамических изделий и кирпича обычно используются отходы, такие как остатки глины, пыль и другие материалы. Стеклобой является распространённым отходом производства, а также продуктом вторичной переработки стеклоизделий. Он применяется в качестве добавки в различные, в том числе керамические материалы. За счёт своей распространённости и дешевизны он способен существенно снизить расходы на производство, а также улучшить некоторые свойства готовой продукции.

Целью данного исследования является выявление потенциала использования стеклянного боя в качестве наполнителя для глиняных изделий. Изучено влияние стеклобоя на такие механические свойства глины, как прочность на сжатие, пористость и водопоглощение.

Для исследования была взята глина Чибисовского месторождения. Для изготовления образцов был взят отвес глины массой 3кг, в кусковом виде. Данную глину, сначала дробили в щековой дробилке лабораторного типа, затем осуществляли помол в бегунах. Тонину помола регулировали путем просева глины через сито № 0,1. [1]

В соответствии с ГОСТ Чибисовская глина относится к полукислой, со средним содержанием красящих оксидов, малочувствительна к сушке [2].

Были приготовлены 2 состава с содержанием стеклобоя из зелёной тары (марка ЗТ-1) 5 и 10% по массе. [3]

Полученные образцы были помещены в сушильный шкаф. Высушенные образцы, были разбиты на группы и подверглись температурной обработке, при температурах 950°, 1000°, 1050°, 1100° и 1150 °С.

После термической обработки образцы приобрели различные оттенки. В таблицу 1 были сведены цвета образцов составов 1 и 2 соответственно, по температурам.

Более интенсивная окраска образцов состава 2 обусловлена большим содержанием стеклобоя, а, следовательно, и красителя.

Таблица 1 - Цвет образцов состава 1 и 2 после температурной обработки

Температура, °С	950	1000	1050	1100	1150
	Цвет поверхности обожженного образца				
Состав 1					



Обоженные образцы были подвергнуты испытаниям, а именно прочность на сжатие, водопоглощение и пористость.

При определении прочности на сжатие был использован гидравлический пресс [4].

Результаты эксперимента представлены в виде графиков на рис. 1–4.

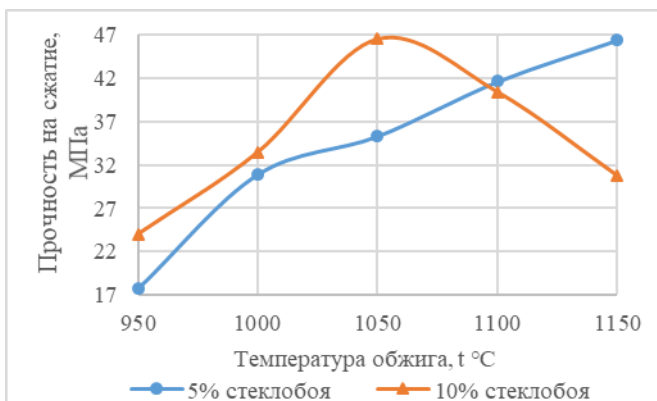


Рис. 1 График зависимости прочности на сжатие от температуры обжига

На графике зависимости прочности на сжатие от температуры обжига (рис.1) прослеживается корреляция между прочностью и содержанием стеклобоя. Состав 2 при 1050°C достигает своей максимальной прочности и изделие можно отнести к марке М400 в соответствии с ГОСТ 530-2012 [5]. В тоже время состав 1 достигает той же прочности при температуре 1150°C и может быть отнесён к той же марке. Кривая состава 2 при 1050°C имеет точку экстремума, в которой меняет характер с возрастания на убывание и далее стабильно убывает. Предположительно, это вызвано большей хрупкостью из-за большего количества стеклянной фазы. Данные изменения начинаются при данной температуре, потому что стеклянный бой начинает плавиться при этой температуре.

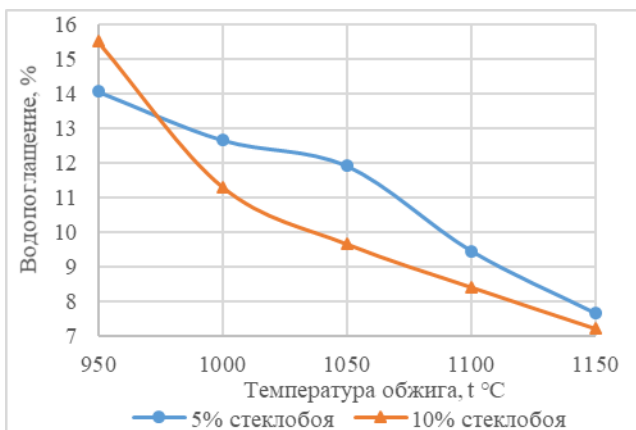


Рис. 2 График зависимости водопоглощения от температуры обжига

На графике зависимости водопоглощения от температуры обжига (рис. 2) прослеживается обратная зависимость, причём состав 2 имеет более ярко выраженный уклон, в то время как состав 1 демонстрирует более плавное снижение водопоглощения с возрастанием температуры. Данная зависимость говорит о возрастании поверхности изделий с увеличением температуры обжига. То есть образовывались поры и трещины, при этом с увеличением количества стеклобоя водопоглощение снижается и при этом, как было сказано ранее, в начале сильно, а затем зависимость становится линейной. Можно предположить, что данное явление вызвано большим количеством стеклофазы, скрепляющей трещины и поры. Кривая состава 1 имеет небольшое возрастание на температуре 1050°C. Предположительно, данный пик вызван выходом химически связанной воды и образованием, при этом, новых пор и трещин.

Данные выводы также актуальны для графика зависимости пористости от температуры обжига (рис. 3).

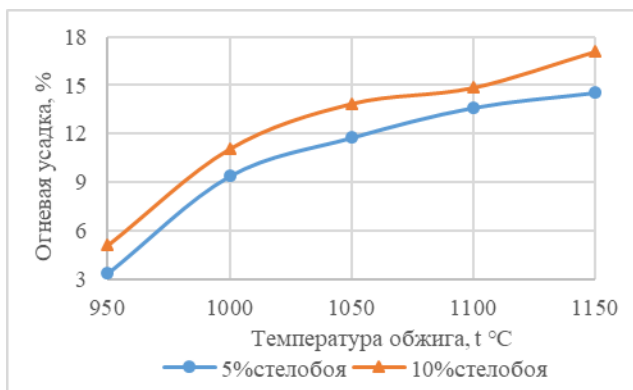


Рис. 3 График зависимости огневой усадки от температуры обжига

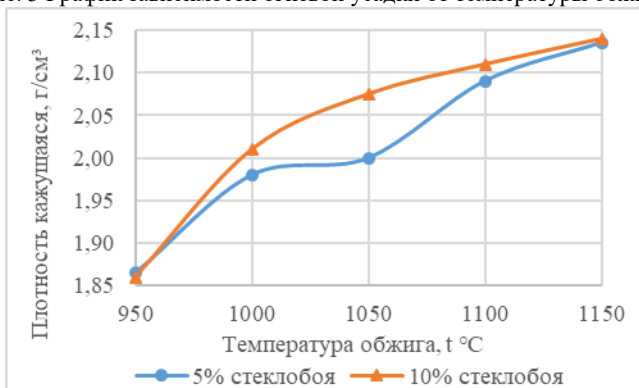


Рис. 4 График зависимости кажущейся плотности от температуры обжига

На графике зависимости кажущейся плотности от температуры (рис. 4) обжига видна прямая зависимость. На кривой характеризующей состав 1, в области между температурами 1000°C и 1050°C видно замедление возрастания, что предположительно обусловлено недостаточной температурой для дальнейшего спекания глины и образования стеклофазы стеклянним боем, ввиду его малого количества. Кривая, характеризующая состав 2 возрастает непрерывно, так как при достаточном количестве стеклобоя он, размягчась заполняет поры и трещины, тем самым обеспечивая постоянное возрастание кажущейся плотности.

По результатам проведенных экспериментов можно сказать, что в целом добавление стеклобоя положительно сказывается на свойствах готовых изделий. Но его влияние на прочность не позволяет добавлять

его более 10%, поскольку уже при этом значении с возрастанием температуры обжига существенно снижаются прочностные характеристики керамики.

На водопоглощение и пористость стеклянный бой влияет только положительно, на представленном отрезке температур и исследованных в данной статье соотношениях. При использовании стеклянного боя будут понижаться водопоглощение и пористость, но снижаться прочность, поэтому использование стеклянного боя в изделиях, используемых в несущих конструкциях ограничено. При этом расширяется возможность использования их в облицовочных целях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТУ 5751-001-50257767-2003. Глина Чибисовского месторождения. 15.06.2003
2. ГОСТ 9169-2021. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация. Введ.01.04.2022 Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве.
3. ГОСТ 30288-95. Тара стеклянная. Общие положения по безопасности, маркировке и ресурсосбережению. Введ. 01.01.1997. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации
4. ГОСТ Р 58527-2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Введ. 06.09. 2019 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от N 647-ст.
5. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. Введ. Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 12.02.91 N 5.
6. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Введ. 01.07.2013. Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве.
7. Трепалина, Ю. Н. Керамический кирпич из сырья Якутии с добавлением тонкомолотого стеклобоя / Ю. Н. Трепалина, Н. К. Кириллова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 4. – С. 138-143.

8. Бессмертный В.С., Жерновой Ф.Е., Дорохова Е.С., Изотова И.А. Методология разработки состава и прогнозирования свойств композита на основе стекольного боя//Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2015. №3.

*УДК 72.023*

*Бекк А.Г.*

*Научный руководитель: Чечель И.П., доц.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **КЛЕЕНАЯ ДРЕВЕСИНА КАК ОТЛИЧНЫЙ ВАРИАНТ ЗАМЕЩЕНИЯ БЕТОНУ**

Дерево издавна считалось ценным строительным материалом. Сегодня все больше людей хотят жить в окружении природных материалов, и интерес к деревянному строительству возрождается. Даже в современном мире высоких технологий дерево остается самым привычным, простым в обращении и экологически чистым материалом. Дерево-самый древний строительный материал, форма которого остается неизменной на протяжении долгого времени. Многовековой опыт доказал это: в середине 20-го века произошла революция в использовании древесины в строительстве благодаря открытию высокопрочных клеев, усовершенствованию деревообрабатывающего оборудования для достижения произвольных форм и химической обработке для улучшения качества самой древесины. В результате промышленное производство деревянных домов стало непрерывным процессом. Применение древесины распространилось также на малоэтажное жилье, общественные здания, некоторые промышленные и сельскохозяйственные объекты, где древесина используется для несущих стен и ограждений [1]. Говоря о строительстве деревянных домов, подразумевается конструкция, определяющая форму здания.

Распространенность деревянной архитектуры в мире напрямую зависела от климатических и природных особенностей местности. На территории России обилие хвойных лесов позволяло беспрепятственно возводить деревянные жилые дома, заниматься деревянным зодчеством. К тому же суровые погодные условия заставляли людей строить как можно более теплые и прочные сооружения, поэтому некоторые здания сохранились до сих пор. В каждой стране деревянная архитектура приобрела свои национальные черты, сложившиеся в результате культурных и климатических особенностей.

В архитектуре в целом можно заметить тенденцию возвращения к традиционным технологиям и материалам с учетом современных предпочтений и запросов общества, поэтому натуральная древесина снова становится популярной. Для европейского деревянного зодчества характерно использование каркасных технологий, часто несущие конструкции нарочито подчеркивают и оставляют на виду. Каркасное строительство уникально тем, что с помощью него можно возводить как простые, так и сложные архитектурные формы.

Дома, построенные по каркасной технологии, могут быть выполнены в любом из архитектурных стилей: классическом, шале, скандинавском, баухаус, модерн. Деревянная каркасная архитектура становится все более популярной в мире, потому что такие дома не уступают по качественным характеристикам домам из бетона и кирпича, а по некоторым показателям даже превосходят. Преимуществами деревянных каркасных конструкций являются их быстровозводимость и прочность, а также легкий вес и возможность воплощения самых разнообразных архитектурных решений. Эстетичную фактуру дерева сегодня стараются сохранить в естественном виде как снаружи, так и изнутри зданий.

Древесина становится конкурентоспособным строительным материалом даже при проектировании и возведении бассейнов и спортивных сооружений [4]. Дерево активно применяют в строительстве и облицовке как жилых, так и общественных зданий, а также промышленных, сельскохозяйственных и складских сооружений, торговых предприятий. При этом технологии обработки древесины постоянно совершенствуются.

Еще одним нововведением в современном деревянном зодчестве является технология строительства из клееного бруса. Технология сборки дома из клееного бруса значительно упростила и ускорила процесс строительства и позволила продлить срок эксплуатации деревянных сооружений. Клееный брус представляет собой материал высокого качества, изготовленный из высушенных и плотно склеенных деревянных ламелей. Профилирование на финальном этапе придает изделиям выверенные геометрические параметры и способствует плотному соединению деталей при сборке. Технология создания клееного бруса позволяет сохранить главные преимущества древесины и ее структуру. На выходе получаются качественные и долговечные дома из натурального дерева. А универсальность технологий сборки и эстетичный вид бруса дают широкое поле для создания разнообразных и сложных архитектурных решений.



Развитие и совершенствование деревянных конструкций непосредственно связано с развитием самого общества. Большим импульсом для расширения сфер применения деревянных конструкций явилось производство клееной древесины. [2] Отсутствие механического сращивания позволило перекрывать большепролетные здания и широко использовать деревянные конструкции в зданиях и сооружениях с химически агрессивной средой. Применение клееной древесины в качестве конструкционного материала объясняется целым рядом ее положительных свойств:

- высокий уровень прочности и жесткости и в то же время небольшой вес;
- простота сборки и обработки конструкций на строительной площадке, отсутствие “мокрых” процессов;
- технологичность изготовления изделий любой длины, сечений и очертаний;
- экологичность, гигиеничность и низкая теплопроводность;
- возобновляемость сырьевой базы.
- полная заводская готовность конструкций, которая позволяет достигать высокой точности размеров;
- сравнительно небольшие расходы на транспортировку;
- низкие трудозатраты при монтаже конструкций;
- незначительные энергозатраты на обработку сырья и изготовление конструкций (в 8–10 раз ниже по сравнению с металлическими и в 3–4 раза ниже по сравнению с железобетонными конструкциями);
- высокая коррозионная стойкость, что особенно важно для химически агрессивных сред (складские сооружения для хранения удобрений);

Однако развитие клееных конструкций сдерживалось из-за целого ряда причин:

- низкой рентабельности производства вследствие недостаточной загруженности производственных мощностей, устаревших энергоемких технологических линий, высокой стоимости сырья и оборудования, низкой степени унификации продукции, высоких накладных расходов;
- отсутствия развитой системы проектных организаций, применяющих ДКК в проектных решениях;
- отсутствия системы нормативно-технического обеспечения производства и применения ДКК в строительстве с учетом современных требований;

- отсутствия информационного поля как по вертикали – от заготовки сырья до ввода в строй зданий и объектов с применением деревянных клееных конструкций, так и по горизонтали – между смежными производителями

- отсутствия новых научно-технических разработок для продвижения к применению ДКК.

На сегодняшний день наметилась тенденция к преодолению ряда барьеров, сдерживающих выпуск и применение ДКК. Идет переоснащение производства современным высокопроизводительным оборудованием. Построенные с участием специалистов филиала объекты доказывают многочисленные достоинства деревянных конструкций и их достаточную надежность, и эстетичность. Применение новых соединительных узлов позволяет возводить большепролетные здания и сооружения без ограничений по транспортировке. Создаются национальные нормативно-технические документы по применению ДКК.

Применение деревянных клееных конструкций в строительстве обеспечивает:

- Значительную экономическую привлекательность
- В большепролетных зданиях использование БКДК позволяет снизить стоимость покрытий на 10-30%, общую стоимость проектирования и строительства на 15-25%, стоимость эксплуатации на 20-70% по сравнению с металлом и железобетоном.

- Скорость строительства
- Высокая заводская готовность деталей в сочетании с высокоразвитой технологией сопряжений позволяют в короткие сроки получить здание, готовое к эксплуатации.

- Возможность создания конструкций любых размеров и форм
- Получение оригинальных архитектурно-дизайнерских решений при отсутствии необходимости в дополнительной отделке.

- Возможность перекрытия больших (более 100 м) пролетов при низких нагрузках на опоры и фундамент.

- Возможность использования для хранения химически агрессивных веществ. Сроки эксплуатации хранилищ удобрений и химреагентов из БКДК в несколько раз больше, а расходы по эксплуатации значительно ниже, чем у традиционных металлических или железобетонных.

- Высокую огнестойкость зданий
- Низкие скорости обугливания клееной древесины при пожаре (около 0,7 мм/мин) и низкая теплопроводность обеспечивают устойчивость конструкций при пожаре в течение длительного времени.

Как правило, расчетные сечения конструкций без дополнительных мероприятий обеспечивают огнестойкость здания не менее 30 мин.

- Экологическую чистоту, которая проявляется в более низком расходе энергии на обогрев, в способности дерева влиять на влажность внутри помещения, приближая ее к более благоприятным для человека значениям, а также позитивное психологическое восприятие дерева как естественный материал.

При изучении материалов о применении дерева в архитектуре, можно заметить, что в России не уделяется достаточного внимания дереву как современному материалу, хотя при правильной обработке и соответствующих нормативах дерево может быть более эффективным, чем другие материалы.

- Дерево идеально подходит для создания комфортной атмосферы как внутри, так и снаружи здания.

- Благодаря современным технологиям, архитекторы могут создавать бесконечное разнообразие форм и конструкций из дерева.

- Важно также использовать дерево для гуманизации городской среды, что позволяет значительно повысить уровень комфорта жителей.

- Изучение мирового опыта показывает, что использование дерева и качественного озеленения в городском пространстве имеет большой потенциал для улучшения жизни горожан.

- Дерево является одним из наиболее универсальных и экологически чистых материалов, который применяется в архитектуре наравне с бетоном, кирпичом и стеклом.

Однако, в современном мире, где все больше людей стремятся к экологическому образу жизни, использование дерева в архитектуре становится все более популярным. В России уже существуют множество проектов, где дерево используется как основной строительный материал.

Примеры достопримечательностей из клееной древесины [3]



Рис. 1 Дом Сибелиуса в Лаhti



Рис. 2 Центра Помпиду в Меце. Архитектор Шигеру Бан

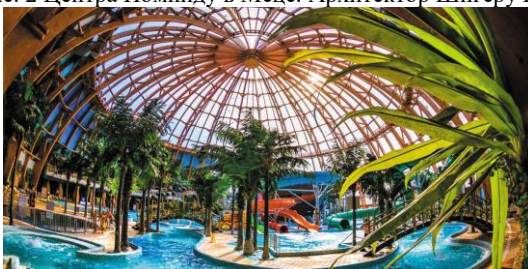


Рис. 3 Аквапарк «Питерлэнд». Санкт-Петербург

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коновалов М. А. Использование деревянных конструкций в качестве альтернативной замены железобетонным конструкциям в многоэтажном здании Коновалов. М. А. - 2022. - № 6.
2. <https://ais.by/story/1942>.
3. <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3406>
4. <https://holz-house.ru/information/blog/63-derevyannaya-arhitektura>

УДК 697.9

*Бельский И.А., Березкин А.С., Уваров А.В.*

*Научный руководитель: Гольцов А.Б., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОБЗОР КАРКАСОВ ДЛЯ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Рукавные фильтры - это устройства для очистки газовых потоков от твердых частиц и других загрязнений. Рукавные фильтры могут использоваться в различных отраслях промышленности, таких как

цементное производство, стекольная промышленность, химическая промышленность и другие.

Конструктивно рукавный фильтр состоит из нескольких основных элементов:

- стальной прямоугольный корпус с конической нижней частью;
- входной и выходной патрубки;
- отбойная плита;
- рама для монтажа вертикальных рукавных фильтров;
- механический или импульсный механизм встряхивания;
- рукава из различного вида ткани;
- каркасы рукавного фильтра на раме для размещения рукавов;
- механизм в нижней части корпуса для удаления пыли.

Каркасы для рукавных фильтров - это основа, которая поддерживает рукав в установленном положении. Каркасы изготавливаются из различных материалов, а также имеют различные формы и размеры.

Плюсы каркасов для рукавных фильтров:

- Поддержание рукава в правильном положении, что обеспечивает эффективное удаление загрязнений из газовых потоков;
- Увеличение срока службы рукавного фильтра за счет уменьшения износа рукава;
- Уменьшение риска разрыва рукава и, следовательно, увеличение безопасности на рабочем месте;
- Усиление конструкции рукавного фильтра, что делает его более устойчивым к воздействию ветра и других внешних факторов.

Минусы каркасов для рукавных фильтров:

- Дополнительные расходы на их производство и установку;
- Возможные повреждения или износ каркаса, который может привести к локальным порывам рукава и снизить эффективность очистки газов;
- Ограничение размеров для фильтруемых газовых потоков.

Существует несколько различных типов каркасов для рукавных фильтров, включая:

1. Проволочные каркасы: они состоят из проволоки, чаще всего из стали или нержавеющей стали, связанной в определенной форме, например, вокруг круглого стержня. Проволоку могут покрыть специальным покрытием для защиты от коррозии;

2. Пластиковые каркасы: они обычно изготавливаются из полипропилена или других пластмассовых материалов. Пластиковые каркасы обладают хорошей механической прочностью, легкие, устойчивые к коррозии;

3. Каркасы из стекловолокна: изготавливаются из стекловолоконной ленты, пропитанной смолой и формованной в нужный размер и форму. Каркасы из стекловолокна очень устойчивы к химическим агентам и высоким температурам.

Каждый тип каркаса имеет свои преимущества и недостатки. Например, проволочные каркасы обычно более прочные и легче снять с рукава, но могут склонны к коррозии. Пластиковые каркасы хорошо подходят для применения в агрессивной среде, поскольку они устойчивы к коррозии, но их механическая прочность может быть ниже. Каркасы из стекловолокна могут выдерживать очень высокие температуры и агрессивные химические среды, но могут стоить дороже, чем другие типы каркасов.

Формы каркасов для рукавных фильтров могут быть различными и зависят от условий эксплуатации рукавного фильтра. Рассмотрим основные формы каркасов для рукавных фильтров:

1. Круглые каркасы: это самый распространенный тип каркасов для рукавных фильтров. Они обязательно должны соответствовать размеру диаметра рукава. Круглый каркас обеспечивает равномерную поддержку рукава по всей его длине и задерживает твердые частицы в твердых завихрениях;

2. Квадратные (карманные) каркасы: используются в тех случаях, когда рукавный фильтр имеет квадратное или прямоугольное сечение. Квадратные каркасы часто используются в производстве продуктов питания, труб и кабелей для производства пластмасс, и других изделий;

3. Овальные каркасы: используются, когда рукавный фильтр должен подгоняться под нестандартную форму системы. Овальный каркас обеспечивает правильную поддержку рукава и позволяет обеспечить эффективное удаление загрязнений в нестандартной системе.

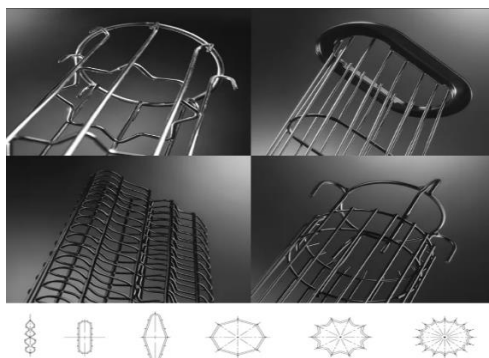


Рис. 1 Каркасы для рукавных фильтров

Кроме того, существуют специальные формы каркасов, которые разрабатываются для конкретных условий эксплуатации. Например, для больших производственных масштабов используются многоярусные каркасы, создающие контактную поверхность между рукавом фильтра и загрязнениями.

Важно удерживать рукава как в рабочем состоянии, так и при продувке. В целом, форма каркасов зависит от многих факторов, таких как размеры рукава, конструкция рукавного фильтра и условия эксплуатации. Корректный выбор формы каркасов повышает эффективность очистки газовых потоков и снижает сопротивление, чем продлевает срок службы рукавных фильтров, а также увеличивает удобство обслуживания фильтра.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The engineers post. Solar Panel (PDF): Types, Working, Advantages, and More – The engineers post. [Electronic resource]. – URL: <https://www.theengineerspost.com/solar-panel-types/> (date of treatment: 7.05.2022).

2. Treehugger. Types of Solar Panels: Pros and Cons – Treehugger. [Electronic resource]. – URL: <https://www.treehugger.com/types-of-solar-panels-pros-and-cons-5181546/> (date of treatment: 07.05.2022).

3. Greenmatch. Find the Right Solar Panel That Fits Your Home – Greenmatch. [Electronic resource]. – URL: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/09/types-of-solar-panels> (date of treatment: 07.05.2022).

4. Обеспыливающая вентиляция: 1-й том / [В. А. Минко, И. Н. Логачев, К. И. Логачев и др.]; под ред. В. А. Минко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.

5. Обеспыливающая вентиляция: 2-й том / [В. А. Минко, И. Н. Логачев, К. И. Логачев и др.]; под ред. В. А. Минко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.

6. Логачев, И. Н. Аэродинамические основы аспирации / И. Н. Логачев, К. И. Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659 с.

7. Гольцов, А.Б. Выявление факторов, влияющих на равномерность всасывания аспирационными воронками / Гольцов А.Б. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – №1. - С. 19-31.

*Берёзкин А.С., Бельский И.А., Гольцов И.Д.  
Научный руководитель: Гольцов А.Б., доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕСТНОЙ ВЫТЯЖНОЙ ОБЕСПЫЛИВАЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Большая часть обрабатывающей промышленности сталкивается с серьезными проблемами в борьбе с пылью, чтобы обеспечить непрерывную устойчивую работу и соответствовать нормам и целям по выбросам. Методы борьбы с выбросами пыли могут заключаться либо в предотвращении выбросов пыли, либо в удалении пыли после того, как она попала в воздух. Хотя концепция системы сбора пыли кажется простой, многое может пойти не так, если не уделить должного внимания деталям конструкции. Системы пылеудаления включают в себя множество инженерных решений, включая эффективное использование доступного пространства, длину воздуховодов, простоту возврата собранной пыли в процесс, необходимые электрические требования и выбор оптимального фильтра и контрольного оборудования.

Важнейшие инженерные решения включают в себя определение проблемы, выбор наилучшего оборудования для каждой работы и проектирование наилучшей системы сбора пыли для нужд предприятия. Хорошо спроектированные системы сбора пыли должны учитывать не только пыль как потенциальное загрязняющее вещество, но и характеристики системы улавливания пыли. Статья помогает понять как руководство по проектированию, которое предоставляет информацию, которая поможет достичь оптимальной производительности и энергоэффективности в коммерческих системах сбора пыли путем правильного выбора и определения размеров вытяжных колпаков, воздуховодов, пылеуловителей и воздуходувок или вентиляторов. Хорошо спроектированная система сбора пыли имеет множество преимуществ, в результате чего создается беспыльная среда, которая повышает производительность, соответствует нормам выбросов и уменьшает вредоносное воздействие на здоровье сотрудников отрасли.

Система местной вытяжной обеспыливающей вентиляции состоит из четырех следующих компонентов:

- Местный отсос для улавливания выбросов пыли у источника.



- Воздуховод для транспортировки пыли в пылеуловитель.
- Пылеуловитель для удаления пыли из воздуха.
- Вентилятор для обеспечения необходимого объема вытяжки.



Рис. 1 Компоненты системы сбора пыли

Каждый отдельный компонент играет жизненно важную роль в правильной работе системы сбора пыли, и плохая работа одного компонента может снизить эффективность других компонентов. Таким образом, требуется очень тщательный выбор каждого компонента, чтобы получить идеальную систему сбора пыли.

#### 1) Скорость воздуха в системе.

Для большинства сыпучих материалов требуется значительная скорость воздуха в воздуховоде для транспортировки. Рекомендованные скорости движения воздуха в зависимости от назначения воздуховодов приведены в таблице:

Таблица - «Рекомендованные скорости движения воздуха в воздуховодах местных систем и аспирации»

№ п/п	Назначение воздуховодов	Скорость воздуха, м/с
1	Системы для удаления сыпучих материалов	12-20
2	Системы для удаления теплоты и влаги	12-16
3	Системы для удаления пыли и газа	14-16
4	Системы от сварочных постов	8-14
5	Системы от наждачных устройств	18-22
6	Системы от деревообделочных станков	16-20
7	Системы от химических ванн	6-8

Толщина металла. Аспирационные воздуховоды работают в более тяжелых условиях, чем приточные. Поэтому аспирационные

воздуховоды изготавливают не из тонколистовой стали, а из более толстого металла (1,2-5 мм). Фасонные части – из металла на 1 мм толще, чем прямые участки.

Крепление аспирационных воздуховодов. Увеличение толщины металла, повышенная опасность обрыва при засорении и залипанию требуют изменение способа крепления труб. Использование хомута на подвеске запрещается. Для монтажа используются кронштейны, к которым крепятся хомуты. Иногда применяют цепи. При диаметре труб до 400 мм расстояние между кронштейнами – до 4 м., при большем диаметре труб – до 3 м.

Соединение воздуховодов. Соединение воздуховодов с помощью фланцев зачастую не применимо в аспирационных системах. Это связано с тем, что аспирационные воздуховоды достаточно часто должны разбираться для чистки или замены. Через некоторое время (полгода) фланцы могут стать неразборными. В связи с этим, для соединения воздуховод используют быстроразборные конструкции. Регулировочные устройства. В системах аспирации не применяют дроссель-клапаны, вместо них используют шиберы.

Конфигурация воздушной сети. При неправильном проектировании воздушной сети система аспирации полностью теряет эффективность из-за засора воздуховодов пылью. При неправильно спроектированной системе воздуховодов требуется очистка воздуховодов 1-2 раза в месяц. Самоочистка воздуховодов достигается прокладкой воздуховодов под углом. При скоростях до 20 м/с воздуховоды должны прокладываться под углом 60 и более градусов, при скоростях до 25 м/с – до 60 градусов. Все воздуховоды должны быть максимально короткими и должны быть проложены по кратчайшему расстоянию. Одна аспирационная система должна обслуживать от одного до шести местных отсосов.

## 2) Конструкция укрытия.

Если конструкция укрытия спроектирована неправильно, могут возникнуть значительные потери давления. Эти потери давления обусловлены взаимным преобразованием статического и скоростного давлений. Когда пыль улавливается и втягивается в местный отсос из источника пыли, местный отсос преобразует статическое давление в скоростное давление и образуются потери на входе в укрытие. Помимо формы, решающее значение имеет расположение местного отсоса, поскольку важно для достижения максимальной эффективности улавливания пыли при минимальном объеме обработанного воздуха.

## 3) Пылеуловитель.

Существует много типов пылеуловителей, включая циклоны, рукавные фильтры и картриджные фильтры. Циклон, как показано на рис. 2, использует инерционные эффекты для отделения твердых частиц от воздушного потока, в то время как рукавный фильтр, показанный на рис. 3, и картриджный фильтр, используют некоторую форму физического фильтрующего материала, такие как ткань, или даже спеченный металл для улавливания пыли или твердых частиц; затем фильтрующий материал очищают различными методами, периодически заменяя фильтры.

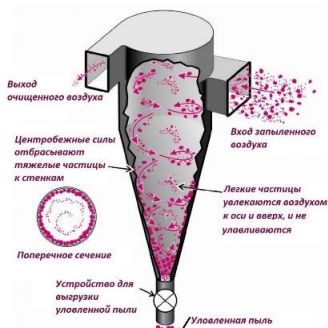


Рис. 2 Циклонный пылеуловитель

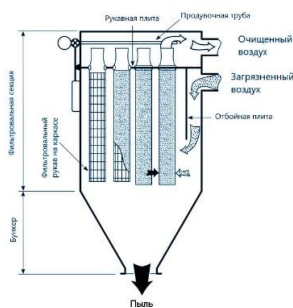


Рис. 3 Рукавный фильтр

Перед выбором пылеуловителя необходимо учитывать множество факторов, такие как температура, влажность, размер частиц, химический состав воздушного потока, соотношение воздуха и ткани, горючесть, абразивность частиц и механические факторы (например, очистка и установка).

#### 4) Вентилятор.

Вентилятор критически важный элемент конструкции вентиляционных систем для борьбы с пылью. Они используются для перемещения воздуха по системе вентиляции, будь то для создания вытяжной или приточной системы вентиляции. Существует два основных типа вентиляторов: осевые вентиляторы и центробежные вентиляторы. В качестве вентилятора для системы аспирации нельзя выбирать обычные, общепромышленные вентиляторы. В противном случае вентилятор выйдет из строя через 3-4 месяца работы из-за полного износа или коробления ротора вентилятора. Выбор типа вентилятора основан на требования к проектированию системы вентиляции, целесообразно применять вентиляторы в пылевом исполнении.

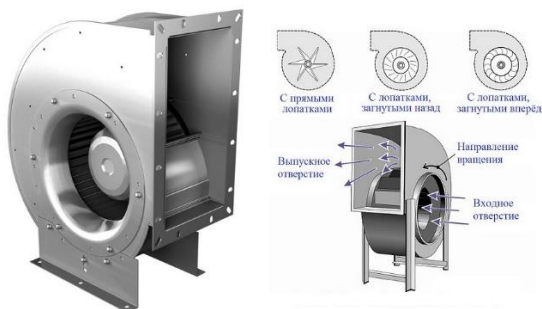


Рис. 4 Работа центробежного вентилятора

В ходе работы изучили ключевые компоненты проектирования системы местной вытяжной обеспыливающей вентиляции, такие как местный отсос, воздуховод, пылеуловитель и вентилятор. Хорошо спроектированная система может защитить и получить такие преимущества, как предотвращение или снижение риска взрыва пыли или пожара, снижение вероятности несчастных случаев, сокращение расходов на очистку и техническое обслуживание, снижая износ оборудования и обеспечивая постоянное соблюдение существующих санитарных норм.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обеспыливающая вентиляция: 1-й том / [В. А. Минко, И. Н. Логачев, К. И. Логачев и др.]; под ред. В. А. Минко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.
2. Обеспыливающая вентиляция: 2-й том / [В. А. Минко, И. Н. Логачев, К. И. Логачев и др.]; под ред. В. А. Минко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.
3. Логачев, И. Н. Аэродинамические основы аспирации / И. Н. Логачев, К. И. Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659 с.
4. Гольцов, А.Б. Выявление факторов, влияющих на равномерность всасывания аспирационными воронками / Гольцов А.Б. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – №1. - С. 19-31.
5. Овсянников, Ю. Г. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик системы аспирации с принудительной рециркуляцией / Ю. Г. Овсянников, А. М. Агарков // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, Белгород, 08–

10 октября 2013 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2013. – С. 166-169.

6. Нейков, О. Д. Аспирация паропылевых смесей при обеспылировании технологического оборудования / О. Д. Нейков, И. Н. Логачев, Р. Н. Шумилов. – Киев: Наукова думка, 1974. – 127 с.

7. Cecala. Dust control handbook for industrial minerals mining and processing. Second edition / Cecala, B. Andrew, A. D. O'Brien, Jos. J. Schall, Jay F. Colinet, William R. Fox, Robert J. Franta, Jerry Joy, W. Randolph Reed, P. W. Reeser, John R. Rounds and Mark J. Schultz. – 2012.

*УДК 693.546*

*Бондаренко Р.А., Болотских Ю.Ю., Азеев А.А.*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

Как и любой другой материал, бетон имеет свои особенности укладки [1-4]. Интонационные методы укладки бетона – это способы контроля качества и равномерности укладки бетона. Они позволяют обеспечить равномерное распределение бетона в форме и избежать образования пустот и трещин. Интонационные методы укладки бетона являются одним из самых эффективных способов создания качественных и прочных конструкций. Эти методы основаны на использовании специальных инструментов и технологий, которые позволяют достичь высокой плотности и прочности бетона. Кроме того, интонационные методы укладки позволяют сократить время, затрачиваемое на создание конструкции. Благодаря этому, проекты могут быть выполнены быстрее и более эффективно. Однако, необходимо отметить, что интонационные методы укладки требуют определенной квалификации и опыта со стороны рабочих. Неправильное использование вибратора или других инструментов может привести к повреждению бетона или даже к его разрушению. Также следует учитывать, что интонационные методы укладки могут быть не подходящими для некоторых типов конструкций. Например, для создания более сложных форм может потребоваться использование других методов укладки [5-7].

Рассмотрим самые популярные и современные технологии в укладке бетонной смеси.

3D-печать бетоном – это новая технология, которая позволяет создавать сложные и уникальные конструкции из бетона. Эта технология может иметь огромный потенциал в строительной индустрии, так как она позволяет сократить время и затраты на строительство, а также уменьшить отходы и повысить точность производства.

Одним из главных преимуществ 3D-печати бетоном является возможность создания сложных форм и конструкций, которые ранее были невозможны для производства. Это позволяет архитекторам и дизайнерам создавать уникальные и креативные проекты, которые могут быть адаптированы под различные климатические условия и требования.

Однако, как и любая новая технология, 3D-печать бетоном имеет свои ограничения и проблемы. Одной из главных проблем является необходимость использования специального оборудования и материалов для печати бетона. Это может повысить стоимость проекта и ограничить доступность технологии для малых предприятий [8].

В целом, 3D-печать бетоном – это новая и перспективная технология, которая может изменить строительную индустрию. Однако, перед ее широким использованием необходимо провести дополнительные исследования и разработки, чтобы устранить проблемы и определить ее наиболее эффективное использование.

Современные технологии не стоят на месте, и строительство не исключение. В последнее время все больше внимания уделяется использованию «умных» материалов для укладки бетона. Эти материалы обладают уникальными свойствами, которые позволяют создавать более прочные и долговечные конструкции.

Одним из таких материалов является умный бетон. Он содержит в себе специальные волокна и частицы, которые позволяют ему изменять свою форму и свойства в зависимости от внешних условий. Например, при деформации бетона он может изменять свою жесткость или вязкость, что позволяет ему противостоять различным нагрузкам [9].

Также существуют инновационные методы укладки бетона, которые используются совместно с умными материалами. Например, метод интегрированной укладки, который позволяет создавать более сложные формы и структуры.

В целом, использование «умных» материалов для укладки бетона является перспективным направлением в строительстве. Они позволяют создавать более прочные и долговечные конструкции, а также

повышают эффективность и безопасность строительства. Однако, для достижения наилучших результатов необходимо использовать эти материалы с осторожностью и только при наличии необходимой квалификации и опыта.

Самоуравнивающийся бетон (СУБ) – это новое направление в строительстве, которое позволяет упростить процесс укладки бетона и улучшить качество работ. СУБ обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным бетоном, так как он может самостоятельно распределяться по поверхности и заполнять все пустоты [10].

Одной из главных проблем при укладке традиционного бетона является необходимость постоянного контроля за его качеством и точностью укладки. Это требует большого количества времени и труда, а также может привести к ошибкам и дополнительным затратам. СУБ решает эту проблему, так как он может самостоятельно распределяться по поверхности и заполнять все пустоты, что позволяет достигать высокого качества работ.

СУБ имеет широкий спектр применения в строительстве. Он может быть использован для укладки фундаментов, стен, перекрытий, а также для создания различных элементов декора и ландшафта. Более того, он может быть использован для создания сложных форм и элементов декора, что позволяет достигать высокой точности и повторяемости работ.

В заключение можно сказать, что использование самоуравнивающегося бетона является одним из самых эффективных и перспективных направлений в современном строительстве. Он позволяет сократить время выполнения работ, повысить качество и точность укладки бетона, а также использовать его в условиях, где доступ человека ограничен или невозможен.

В целом, интонационные методы укладки бетона являются эффективным и надежным способом создания качественных конструкций. Выбор интонационного метода укладки бетона зависит от типа формы, размера и сложности конструкции, а также от требований к качеству поверхности.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34-37.

2. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале - основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 154-159.

3. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. № 15. С. 155.

4. Сулейманова Л.А. Энергия связи - основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9 (585). С. 91-99.

5. Рыбаков А.А. Бетонные работы: технология и организация. – М.: Изд-во Стройиздат. 2018. С. 45-50.

6. Батурин В.Г., Разинский А.Г. Бетон и железобетонные конструкции: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. С. 67-70.

7. Нормы бетонных работ: СНиП 3.03.01-87 / Госстрой СССР. - М.: Издательство Стройиздат, 1987.С. 65-68.

8. Руденко Ю.Н., Куликов В.В. Бетонные работы: технология и организация производства. – М.: Издательство «Аспект Пресс». 2018. С. 83-84.

9. Батурин В.Г. Бетонные работы: справочник для строителей. – М.: Издательство «Стройкнига», 2015. С. 32-33.

10. Рыбаков А.А., Корнев В.Ф. Бетонные работы: основы технологии и организации производства. – М.: Издательство «Эксмо», 2019. С. 43-46.

*УДК 330.15*

*Васильчук Е.А.*

*Научный руководитель: Курбацкая М.В., ст. преп.*

*Российский государственный геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОССИИ И В МИРЕ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Среди природных ресурсов вода занимает особое место. На протяжении длительной геологической истории она создала на нашей планете среду, благоприятную для возникновения всего живого, в том числе и человека.



Проблема чистой воды и охрана водных ресурсов становятся все более острыми по мере исторического развития общества, стремительно увеличивается влияние на природу, вызываемого научно-техническим прогрессом.

Уже сейчас во многих районах земного шара наблюдаются большие трудности в обеспечении водоснабжения и водопользования вследствие качественного и количественного истощения водных ресурсов, что связано с загрязнением и нерациональным использованием воды.

В докладе ООН о состоянии водных ресурсов за 2020 год, под названием "Водные ресурсы и изменение климата" сказано, что за последние сто лет глобальное водопользование увеличилось в 6 раз, рост продолжается со скоростью около 1% в год. В 2009 году исследователи организации 2030 WRG пришли к выводу, что к 2030 году мир столкнется с 40% глобальным дефицитом воды [1].

Водные ресурсы являются общим достоянием и для решения водных национальных проблем необходимо международное сотрудничество. Примером могут служить: Соглашение об основных принципах взаимодействия в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов и Соглашение между Правительствами Российской Федерации и Республики Казахстан.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что вода - бесценное богатство человечества, поэтому водные ресурсы люди должны бережно и экономно использовать, и охранять.

Водные ресурсы нашей страны представляют собой сумму вековых и возобновляемых запасов, где их процентное соотношения с мировыми ресурсами является весьма больше. Например, доля рек в России от мирового уровня – 22%, озер – 30%, болот – 33%, ледники – менее 1%, а подземные воды – свыше 5% [2].

На данный момент в нашей стране основная часть пресной воды расположена именно в подземных источниках, а их освоенность составляет порядка четырнадцати процентов, при этом за последние годы их добыча постепенно сокращалась, в основном за счёт перехода на поверхностные источники водоснабжения.

В 2019 году потребление подземных вод в России составило около 22 млн кубометров в сутки, из них чуть меньше половины затрачено на питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение населения, а около шестнадцати процентов уходит на производственные нужды и около трех процентов на сельское хозяйство.

Конкретизация характеристик и показателей, которые наиболее полно отражают вековые и восполняемые гидрологические индикаторы по Российской Федерации подробно раскрыты в Таблице 1.

ООО «Инновационное экологическое оборудование» [4] — российское торгово-производственное предприятие, эксперт в области проектирования и производства очистных сооружений для хозяйственно-бытовых, поверхностных и производственных сточных вод, а также продукции для наружных инженерных сетей.

Основное направление деятельности компании – производство долговечных и экологически безопасных очистных сооружений. Одновременно предоставляется ряд услуг, связанных с проектированием, установкой и последующим обслуживанием ЛОС.

Таблица 1 – Суммарные водные ресурсы Российской Федерации [3]

Водные ресурсы	Статические (вековые) запасы пресных вод		Средний многолетний объем (возобновление)	
	всего, км <sup>3</sup> /год	доля в запасах пресной воды, %	всего, км <sup>3</sup> /год	доля в запасах пресной воды, %
Реки	470	0,53	4270,6	41,9
Озера	26500	29,80	530	5,2
Болота	3000	3,37	1000	9,8
Ледники	15148	17,04	110	1,1
Подземный лед	15800	17,77	–	–
Подземные воды	28000	31,49	787,5	7,8
Почвенная влага	–	–	3500	34,3
<b>Итого (по учетным позициям)</b>	<b>88918</b>	<b>100</b>	<b>10198,1</b>	<b>100</b>

Специалисты прогнозируют существенное увеличение глобального спроса на воду к 2050 году. Этот фактор обуславливает привлекательность сектора водных ресурсов для инфраструктурных инвестиций. В рамках исследования Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) была выполнена количественная оценка эффекта проектов по повышению качества воды, согласно которой совокупный объем эффектов от реализации инвестиций в сферу водоочистки составит 84 млрд долл [5].

С учетом отмеченной тенденции по оценкам специалистов, в перспективе чистая вода может стать востребованным товаром наряду

с другими традиционными природными ресурсами. Эксперты прогнозируют, что к середине XXI в. пресная вода может потеснить нефть в структуре российского экспорта. Однако в случае продажи неумеренных объемов воды такой подход грозит потерей устойчивости водной сферы. Поэтому организации полномасштабной торговли должно предшествовать проведение научных исследований используемых водных объектов.

С учетом всех вышеперечисленных тенденций в развитии потенциала водных ресурсов в России, мы можем говорить о том, что предприятие ООО «Инновационное экологическое оборудование» оказывает неоценимый вклад в решение проблемы с сохранением водных ресурсов и обладает значительным потенциалом в этой области.

Благодаря эффективно организованному производству долговечных и экологически безопасных очистных сооружений ООО «ИЭО» способствует улучшению экологической ситуации, достигшей критического уровня в последнее десятилетие.

Уже сейчас компания занимается обустройством и восстановлением объектов водоснабжения и экологичными решениями для канализации жилых кварталов присоединенных территорий к России: ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областях.

Изделия и коммуникации, произведенные компанией, способствуют обеспечению жизнедеятельности жителей, существенно сохраняя экологический баланс территорий, и соответственно всего мира. Развитие компании и осуществление госзаказов такого формата оказывают положительное влияние на экономику государства.

Водные ресурсы, до недавнего времени считавшиеся неисчерпаемыми, довольно быстро, всего за несколько десятилетий, перешли в категорию ресурсов, нехватка которых становится серьезным препятствием для устойчивого развития многих регионов мира. Снижение водно-ресурсного потенциала речных систем и, соответственно, ухудшение условий водопользования – один из движущих факторов изменения отношения к воде: она рассматривается самым ценным ресурсом, которым обладает государство.

Согласно конституциям стран СНГ, к исключительной компетенции государства отнесены вопросы природных ресурсов, в том числе водных, поэтому управление ими – важнейшая государственная функция. Осуществляемое же в этих республиках реформирование водного хозяйства предусматривает передачу водохозяйственных объектов в коллективную и частную собственность, создавая тем самым рынок оказания услуг в водном секторе.

На основании проведенного исследования мы можем сделать вывод о том, что исследование природных вод на протяжении всей истории человечества активно изучалось и дополнялось, однако в течение нескольких последних десятилетий стала особенно актуальна. Охрана природных ресурсов и безопасное водопользование становится критически необходимо в связи с научно-техническим прогрессом общества, и в этой связи обуславливается особая экологическая и экономическая роль размещения и сохранения водных ресурсов.

Подобная критичность ситуации вызвана несколькими факторами. Прежде всего, это значительная эксплуатация водных объектов и их загрязнение сбросами и отходами производств. Кроме того, немалую важность играет аварийное загрязнение вод при сбросе вредных веществ. Стремительное развитие и активная деятельность гидротехнических сооружений также является одной из причин экологической угрозы. И, наконец, крайне слабый уровень озабоченности проблемы водных ресурсов обществом играет наибольшую роль. Безответственный подход к использованию природных вод обуславливает критичность настоящей ситуации.

Рост мирового водопотребления и сокращение запасов пресных вод продолжится. Для борьбы с этой проблемой требуется поиск путей решения на международном уровне. Маловероятно, чтобы растущий спрос на воду был удовлетворен лишь за счет мер по улучшению систем водообеспечения. В таких условиях перед Россией открываются широкие возможности, как перед страной с огромными запасами водных ресурсов. Для максимально выгодного использования имеющегося потенциала, необходимо решения ряда задач. А именно, усилить контроль за использованием водных ресурсов, развивать отрасли производства сопутствующие рынку воды, наращивать освоение запасов.

В этой связи предприятие ООО «Инновационное экологическое оборудование» оказывает неоценимый вклад в решение проблемы с сохранением водных ресурсов и обладает значительным потенциалом в этой области. Благодаря эффективно организованному производству долговечных и экологически безопасных очистных сооружений ООО «ИЭО» способствует улучшению экологической ситуации, достигшей критического уровня в последнее десятилетие. Кроме того, предприятие предоставляет услуги по очистке сточных вод, монтажным работам очистных станций, ремонту очистных сооружений и прочее. Несмотря на то, что в ходе проведенного финансово-хозяйственного анализа нами были выявлены определенные проблемы финансовой деятельности

предприятия, их решению будут способствовать своевременно принятые меры.



Рис. 1 Водные ресурсы РФ и водообеспечение по федеральным округам

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новые идеи в науках о Земле: в 7 т. Материалы XV Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле»– М.: Издательство Российский Государственный Геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, 2021.

2. Деревянкин Е.В., Жилин А.С., Маслова О.В.: Природные ресурсы России // учебное пособие / Мин-во науки и высшего образования РФ, Урал. федерал. ун-т им первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019.— С.45

3. ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ЦНИГРИ», ФГБУ «ВНИГНИ», ФГБУ «Гидроспецгеология» Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году», 2020 г., с. 451–459

4. Официальный сайт ГРИНЛЮС. URL: <https://greenlos.ru/> [Дата обращения: 02.10.2022]

5. UNESCO (2015) World Water Scenarios to 2050. World Water Assessment Programme (WWAP). <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/world-water-scenarios/> [Дата обращения: 03.10.2022]

УДК 628.161.2

*Войтенко Д.С.*

*Научный руководитель: Староверов С.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА (УПРОЩЁННОЙ АЭРАЦИИ) ОЧИСТКИ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ОТ РАСТВОРЁННОГО ЖЕЛЕЗА**

Содержание железа в питьевой воде обусловлено его большим распространением в природе. Регулярное потребление жидкости с повышенным содержанием железа может пагубно влиять на здоровье и послужить толчком для развития ряда заболеваний. Чтобы избежать этих проблем, важно проводить обезжелезивание воды, которое делает ее пригодной для применения.

Существуют различные методы обезжелезивания воды. Условно, эти методы, можно разделить на реагентные и безреагентные, также можно выделить методы на основе ионного обмена. Однако, наиболее целесообразно с точки зрения эксплуатационных затрат применять безреагентные методы путём введения кислорода воздуха в обрабатываемую воду. При этом на сегодняшний момент выделилось два основных метода реализации данной технологии обезжелезивания.

Первый способ, который можно назвать окислением в объёме (окисление – хлопьеобразование). Второй способ - метод упрощённой аэрации [1].

Согласно первому методу, двухвалентное железо окисляют растворённым кислородом, далее вода поступает в окислительный бак, где происходит полный переход двухвалентного железа в трехвалентное железо – нерастворённую форму, которая представляет собой хлопья, а затем хлопья отделяют от воды фильтрованием через зернистую загрузку при малых скоростях 3-5 м/ч. Основными проблемами реализации данной технологии является полное окисление двухвалентного железа в трехвалентное в объёме окислительного бака, то есть до входа на фильтрующую загрузку, что требует установки дополнительных устройств типа градилин, позволяющих интенсивно отдувать двуокись углерода и смещать реакцию вправо, то есть в область перехода в нерастворённую форму. Кроме того, как показывает практика, расчётное время и окисление в объёме на много меньше чем фактическое. Соответственно для реализации технологии, как для устройства окислительных ёмкостей, так и для применения фильтров

большого диаметра, обеспечивающие низкую скорость фильтрования. Причём, как показывает практика, всегда существует проскок  $Fe^{2+}$ , то есть происходит не полное окисление двухвалентного железа в трехвалентное, что соответственно влечёт за собой изменение всей технологии, так как здесь начинают работать другие процессы.

Согласно второму методу - методу упрощённой аэрации вода, обогащенная кислородом с растворённой формой железа, сразу направляется на фильтр, и реакция окисления двухвалентного железа происходит непосредственно в толще фильтрующего слоя. Данная технология очень перспективна с точки зрения экономических затрат, так как не требует окислительных баков и процесс обезжелезивания происходит при высоких скоростях фильтрования порядка 12-15 м/ч. Что обуславливает применение фильтров малых диаметров и следовательно требуются низкие затраты, т.к. необходимы малые площади.

Однако, как показала практика, данная технология упрощённой аэрации имеет ряд проблем, основной из которых является нестабильность получения очищенной воды с содержанием растворённого железа ниже пдк, особенно на станциях водоподготовки с периодической работой, т.е. с остановкой, на несколько часов или на ночь. Эти факты свидетельствуют о том, что технология недоработана, и сам процесс обезжелезивания данным методом не рассмотрен со всех сторон до конца и для решения возникающих вопросов требуется в полной мере понимать процессы на слое фильтрующей загрузки.

Делая вывод о том, что этот метод является достаточно перспективным, он требует дальнейшего изучения. Рассмотрим более подробно, как реализуется метод упрощённой аэрации в аппаратном обеспечении. Большинство станций обезжелезивания, работающих по принципу упрощённой аэрации, представляют собой процессы нагнетания воздуха в трубопровод или в аэрационную колонну, а затем перед непосредственной подачей на фильтры [6]. Принципиальная схема данного метода представлена на рисунке 1.

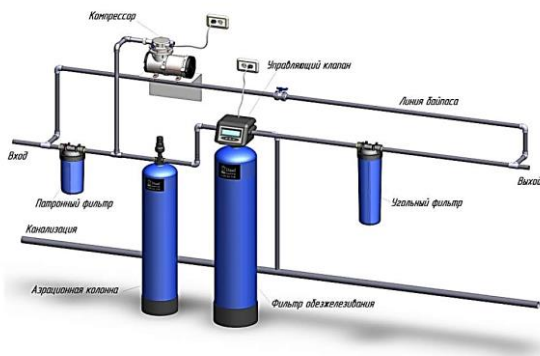


Рис. 1 Принципиальная схема

Как уже отмечалось выше для получения стабильных результатов по очистке воды необходимо правильно понимать за счёт чего (механизм) происходит удаление растворённого двухвалентного железа из поступающей на очистку воды при методе упрощенной аэрации. На сегодняшний день существует несколько версий, за счёт чего происходит данный процесс. Основной версией является гипотеза, основанная на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен в виде каталитической плёнки, состоящей из оксида трехвалентного железа  $FeO_3$ . Эта плёнка образуется в течение трёх–пяти суток, считая от начала фильтрования после запуска фильтра в работу. Каталитическая плёнка способствует образованию гелеобразного  $Fe(OH)_3$ . Данный период называется периодом зарядки загрузки. После завершения зарядки сформировавшаяся каталитическая плёнка интенсифицирует процесс окисления железа в присутствии кислорода воздуха и выделения его из воды в виде гидроксида железа, который образует в слое фильтрующей загрузки (в межзерновом поровом пространстве) гелеобразную коллоидную структуру. По мере накопления осадка в загрузке и увеличения проскока железа в фильтрате фильтр останавливается на промывку и промывается обратным током воды. В качестве первой версии воспользуемся теорией А.Н. Фрумкина. Он утверждал, что поверхность катализатора адсорбирует растворенный кислород в виде атомов, отрицательно заряженных ионов, а также и в других формах, в которых кислород является активным окислителем. Вторая – это версия Д.С. Гецкина и В.Д. Пономарёва [4], которые полагали, что кислород адсорбируется на поверхности осадка гидроксида железа. Однако в



литературе существует и противоположное мнение. По данным Е. Норделла [2] и Р. Байденса, наличие осадка гидроокиси железа не влияет на скорость окисления двухвалентного железа. М.А. Милов [3] считает, что каталитическое влияние осадка гидроокиси железа на обезжелезивание при фильтровании воды через зернистую загрузку объясняется адсорбцией ионов двухвалентного железа осадком гидроокиси железа с последующим окислением ионов двухвалентного железа кислородом на поверхности осадка. Однако, в последнее время большинство исследователей склонны считать, что основную роль при процессах обезжелезивания по методу упрощенной аэрации играют железобактерии. К этому склоняются и белорусские исследователи и часть российских исследователей, и специалисты французской фирмы Dehydrone [5].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для совершенствования данной технологии необходимо провести ряд исследований, направленных на точное понимание процесса происходящего на слое фильтрующей загрузки при методе упрощенной аэрации. Также выявить основные факторы, определяющие этот процесс будь то физико-химическое окисление, либо биологическая трансформация растворенной формы железа в нерастворенную, результатом которых должны быть определены условия эффективной работы данного метода.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода.— М.: Стройиздат, 1975. — 176 с.
2. Сорокин Ю. И. Механизм окисления сероводорода в водоемах и эффективность использования энергии окисления для биосинтеза. ДАН СССР, т. 183, 1968, № 2.
3. Асс Г. Ю. и др. Очистка воды от сероводорода для питьевого и промышленного водоснабжения.— «Гигиена и санитария», 1973, № 8.
4. Алферова Л. А., Титова Г. А. Графитовые материалы как катализаторы при очистке сточных вод от сероводорода и его натриевых солей. — В сб. № 5: Очистка производственных сточных вод, М., изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1973.
5. Староверов С.В., Юдин Р.И. Сорбенты для обезжелезивания артезианских вод. Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 35. № 4. с. 67-71.
6. Староверов С.В., Юдин Р.И. Исследование процесса деферризации методом упрощенной аэрации. В сборнике: Яковлевские

чтения. Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. 2020. с. 149-156.

**УДК 69.001.5**

***Воробьев Е.Л., Луний П.И.***

***Научный руководитель: Колосова Э.Р., ст.преп.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **3D-ПРИНТЕРЫ: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО**

В последние несколько лет аддитивное производство, 3D-печать заставляет нас представлять новые парадигмы как для архитектуры, так и для строительства. В настоящее время быстро развивающиеся области 3D-печати и связанные с ней технологии, находят широкое освещение в исследованиях промышленных и коммерческих разработках, которые находят свое применение во многих сферах, в частности медицине, образовании, пищевой промышленности, архитектуре и аэронавтике.

Одним из новейших методов 3D-печати (3D printing methods) было послойное заполнение экструдированного расплава, которое было запатентовано Скоттом Крампом (Scott Crump) в 1988 году. Использование такой технологии предполагает нанесение тончайших термопластичных нитей, нагретых до определенной температуры и подаваемых через специальную головку, которая выдавливает материал очень тонкими слоями на гибкую головку. Слои укладываются друг на друга, постепенно остывая и затвердевая (Рис.1). Также существуют другие технологии трехмерной печати, но описанные выше являются наиболее распространенными. Выбор технологии определяется назначением будущего изделия, материалом для его изготовления, точностью исполнения и стоимостью. Преимуществом 3D-принтеров является скорость создания моделей. Настоящее изобретение было замечено специалистами в различных областях и получило широкое применение.

Трехмерные принтеры имеют целую инфраструктуру отображения. Для таких образцов используется дешевый гипсовый композит, обеспечивающий низкую стоимость готовых моделей. Инженерам из Университета Южной Калифорнии удалось создать 3D-систему, дающую возможность работать с громоздкими объектами. Принтер работает по принципу крана, возводящего стены здания из

слоев бетона. Возведение такого сооружения заняло около 20 часов, и осталось только вставить окна и двери в существующую конструкцию [1].



Рис. 1 3D-печать в строительстве

Более того 3D-принтеры также широко используются в области медицины. Стало возможным создать уникальный протез, который будет точно отражать индивидуальные особенности пациента. Медицинские модели могут быть изготовлены из различных материалов, включая живые клетки. Врачам также удалось использовать этот отпечаток для создания пластырей для поврежденной кожи человека, используя в качестве материала специальный гель из донорских клеток.

Применение высоких технологий не обошло стороной и мир высокой моды. Например, голландский модельер Айрис Ван Херпен представила свою собственную коллекцию на неделе моды в Париже [5]. Все модели были напечатаны на 3D-принтере. Данная технология изготовления одежды позволяет использовать несколько материалов одновременно, что решает вопрос прочности и эластичности изготавливаемой одежды. Вещи, созданные методом печати, не очень красивы, но иногда чрезвычайно удобны. В качестве примера можно привести обувь, которая создается на трехмерном принтере с учетом индивидуальных особенностей каждого клиента, включая форму и размер стопы.

Технология трехмерной печати распространена во многих областях и скоро станет доступна практически каждому. Основными преимуществами этих технологий являются простота и скорость изготовления моделей. С каждым годом трехмерные принтеры становятся все ближе к домашнему использованию. Применение таких устройств не кажется необычным. Возможно, настанет время, когда 3D-принтер станет таким же доступным, как холодильник или

микроволновая печь, которые на заре своего появления тоже казались чем-то необычным [3].

Так, 3D-печать представляют собой многочисленные методы, с помощью которых специальное оборудование («принтер») с соответствующими материалами создает объект в соответствии с файлом трехмерного автоматизированного проектирования (САПР) — теперь может оказать серьезное влияние на строительную индустрию. Прогресс постепенный, но несомненный, ведь проекты становятся все более амбициозными: пятиэтажный многоквартирный дом в Китае; стальной мост через канал в Амстердаме; а сейчас строящийся небоскреб в ОАЭ. Европейское космическое агентство даже предложило планы использования 3D-печати и местных материалов для строительства лунной базы. Поскольку технологии продолжают развиваться, а затраты снижаются, трудно представить будущее, в котором 3D-печать не будет играть значительной роли в строительной отрасли [4].

Аддитивные технологии с полным основанием относят к технологиям XXI в. Кроме очевидных преимуществ в скорости и в стоимости изготовления изделий, эти технологии имеют важное достоинство с точки зрения охраны окружающей среды и, в частности, эмиссии парниковых газов и «теплого» загрязнения [2]. В настоящее время аддитивные технологии безусловно имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции. И наконец, степень использования аддитивных технологий в материальном производстве является верным индикатором реальной индустриальной мощи государства, индикатором его инновационного развития.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. S., Michelle (8 January 2019). "S-Squared 3D printers creates 3D XXL printer for construction". 3D Natives. Retrieved January 8, 2019.
2. "3D Printhuset organises second 3D Construction Printing Conference". TCT Magazine. 2017-11-06. Retrieved 2017-12-11.
3. Колосова Э.Р., Могутова О.А. Английский язык в сфере строительства. - Белгород: БГТУ, 2021.
4. Лесовик В.С. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3D печати / В.С. Лесовик, М.Ю. Елистраткин, Е.С. Глаголев, М.В. Абсиметов, С.В. Шаталова, Е.Н. Лесниченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. – №8. – С. 6–11.

5. Лунева Д.А. Применение 3d-печати в строительстве и перспективы ее развития / Д.А. Лунева, Е.О. Кожевникова, С.В. Калошина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8. № 1. – С. 90–101.

УДК 691.535

*Губарев С.А., Сытов Г.А.*

*Научный руководитель: Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

## **БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГРУНТАХ**

К группе специфических грунтов согласно СП 47.13330.2016 отнесены грунты, которые имеют некие особенности геотехнического проектирования и наделенные ярко выраженным отличающимся признаком, относящий его к той или иной разновидности специфического грунта. Данные особенности специфических грунтов и метод его полевого определения представлены на рисунке 1 [1].

Специфические грунты	Основной геотехнический признак	Метод полевого определения
Просадочные	Просадочность	Быстрое размокание в воде, с выделением пузырьков газа. Проседание в пробоотборном кольце с приложенной нагрузкой, почти вертикальные стенки откосов
Набухающие	Набухание	Увеличение объема грунта при замачивании
Органоминеральные	Содержание органического вещества	Наличие растительных остатков, темная окраска, запах сероводорода, восстановительная среда по показателям Eh и pH
Засоленные	Степень засоленности	Высолы на поверхности грунта, наличие хорошо растворимых включений галлоидов, новообразований гипса и др., немерзлое состояние грунта при отрицательной температуре
Элювиальные	Степень экзогенного изменения и выветривания	По ГОСТ 25100, приложение Д
<p>Примечания</p> <p>1 Техногенные грунты, основой которых являются природные компоненты, описывают как естественные, с учетом их изменчивости и наличия техногенных включений и изменений. Если преобладают техногенные компоненты, то описывают состав компонент, их пропорции и состояние.</p> <p>2 Органические грунты предварительно визуально идентифицируют по преобладанию органического вещества.</p>		

Рис. 1 Подвиды специфических грунтов и методы их полевого определения

Рассматривая просадочные грунты, устройство фундаментов является не простой задачей. Одним из решений такой проблемы, является применение модифицированных бетонов, которые должны обладать такими свойствами как, гидрофобность, адгезивность, при этом не снижать прочность, морозостойкость и других показателей (рис. 2) [2,5].

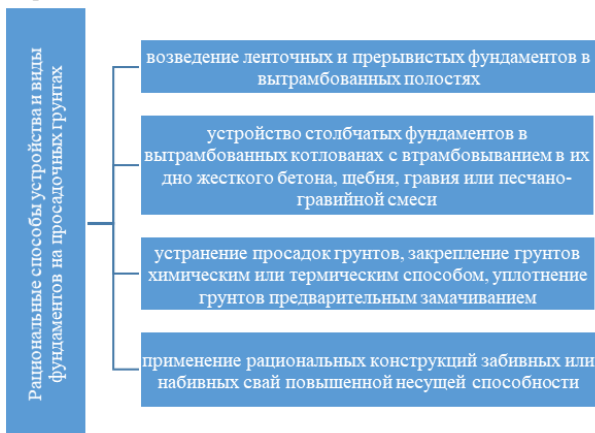


Рис. 2 Устройства и виды фундаментов на просадочных грунтах

В качестве материала для фундаментов, в данной статье, рассмотрим бетон с добавлением полимера акриламида.

Полиакриламиды получают из акриламида при помощи радикальной полимеризации, применяя различные иницирующие системы в водном растворе, суспензии или дисперсии (рисунок 3). Одним из часто встречающихся методов получения полимеров из акриламида, является полимеризация в водных растворах. Высокая скорость образования полимера и получение полимера с высокой молекулярной массой являются основными факторами, определяющими преимущество процесса полимеризации в водных растворах [3].

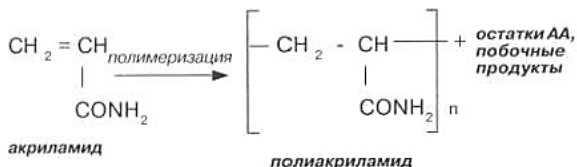


Рис. 3 Процесс создания полиакриламида

Полиакриламид - это полимер белого цвета без запаха, растворимый в воде, менее токсичный, чем акриламид, получается в виде сыпучего порошка или густого геля. В качестве добавки к бетонной смеси, данный полимер обладает гидрофобизирующим действием, что подтверждается исследованиями ученых, при исследовании полиакриламида в связке с метилцеллюлозой (рисунок 4).

№ серия	Количество добавок, %	Подвижность растворной смеси, мм	Водоудерживающая способность, %
I серия	Контрольный без добавок	118x120	96,66
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,1%	70x73	99,92
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид с ММ=2·10 <sup>6</sup> -0,05%	73x73	99,70
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид с ММ=2·10 <sup>6</sup> -0,1%	70x69	99,80
II серия	Метилцеллюлоза МЦ-С 0,1% (повторный состав)	78x79	99,84
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид+Адам-0,05%	68x76	99,79
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид+Адам-0,1%	82x85	99,79
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,1% (повторный состав)	68x70	99,88
III серия	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид АК-631-0,05%	56x59	99,79
	Метилцеллюлоза МЦ-С-0,05% Полиакриламид АК-631-0,1%	61x64	99,83

Рис. 4 Водоудерживающая способность добавок

Опыты ученых показывают, что данная добавка способна снизить количество воды, добавляемой в бетон и может повысить его прочность, за счет увеличения сроков набора прочности.

Основное применение полиакриламид находит в качестве экономически эффективного водорастворимого вещества со свойствами полиэлектrolита, в таких прикладных сферах как:

- Экология;
- Химия;
- Медицина;
- Производство минеральных удобрений;
- Биология;
- Нефтяная промышленность.

Таким образом, на основе проведенных опытов и анализа теоретической базы, ученым была разработана бетонная смесь, которая включает в себя: цемент, песок и комплексную добавку. Комплексная добавка содержит по отношению к массе цемента 0,1-0,6% глицерина и 0,025-0,1% полиакриламида. Технический результат - увеличение прочности бетонного камня [4].

На основе полученных данных, можно сделать вывод о целесообразности приведенных разработок и необходимости дальнейших исследований специфических грунтов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Загороднюк Л.Х., Черныш А.С., Губарев С.А., Сумской Д.А // Эффективные фундаменты при строительстве на меловых грунтах // Университетская Наука. University Science. «Вопросы науки, технологии, экономики, педагогики и права: теоретико-практический аспект» // Журнал по материалам XXVI международной научно-практической конференции. - Минеральные Воды: СКФ БГТУ им. В. Г. Шухова, - №2(14) 2022. С.56-59.

2. Калашников В.И., Махамбетова К.Н., Мороз М.Н., Петухов А.В. Исследование влияния полимерной добавки, модифицированной полиакриламидами на вододерживающую способность и прочность при сжатии цементно-песчаных растворов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4. Ч. 2.

3. Миронова Э.Ф. Подбор эффективных деструкторов акриловых полимеров: ВКР (магистерская работа) специальности 04.04.01 «Химия нефти и экологическая безопасность»: Тюмень, 2019. - 46 с.

4. Пат. RU 2 460 701 С2 Российская Федерация. МПК С04В 26/00. Комплексная добавка для бетонной смеси и бетонная смесь / Р. А. Веселовский; заявл. 2010.09.02: опубл. 2012.09.10.

5. Черныш А.С., Губарев С.А. Рекомендации по уплотнению лессовых грунтов в условиях отрицательных температур // Вектор ГеоНаук. 2018 Т.1. №4. С. 10-14.

**УДК 69.07**

*Дедюрина Е.П.*

*Научный руководитель: Рыжковская М.И., канд. техн. наук, доц.  
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,  
г. Москва, Россия*

## ВАНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье дается краткий обзор практики применения вантовых конструкций в архитектуре и строительстве, их разновидность форм сооружений. Вантовые конструкции нашли применение в архитектуре



в виде элементов фасадов и формы сооружения в целом. Природа уже придумала идеальные формы, которые соответствуют параметрам: устойчивость, прочность, гармоничность.

Ключевые слова: вантовые конструкции, архитектура, строительство.

В современном мире мы вольны проектировать такие здания и сооружения, которые с технической точки зрения казались невозможными в недавнем прошлом. Для повышения привлекательности и функциональности зданий и сооружений и оптимизации расходов материалов инженеры и архитекторы периодически обращаются к сложным геометрическим формам [1, 2, 3, 4], проектируют сооружения с большими пролетами, ищут вдохновение в природных формах и математических (аналитических) поверхностях [5, 6].

Вантовые конструкции просты в монтаже, легки по весу, надежны в эксплуатации, а во многих случаях отличаются и архитектурной выразительностью. Их применяют в зданиях и сооружениях со сложными объемно-пространственными решениями, их пластические качества обогащают художественную палитру архитектора.

В 1834 году был изобретен стальной трос. В строительстве они сначала использовались в качестве несущих элементов подвесных мостов, а затем в подвесных покрытиях большого пролета. Прототипами таких крыш являются палатки и шатры. В то же время ограждающей и несущей конструкцией является ее мягкая оболочка (мембрана). В вантовых покрытиях эти функции разделены.

Вантовые конструкции – это конструкции, состоящие из несущих пролетных элементов в виде стальных вант и воспринимающих их реакции опорных частей.

Ванты – несущие элементы стержневого типа (тросы, канаты, гибкие стержни, пучки высокопрочной проволоки, ленты и т.п.), работающие в основном на растяжение.

*Современные здания и сооружения с вантовыми конструкциями.* На окраине озера Мичиган, в восточной части Милуоки [7], существует невероятный Музей изобразительных искусств, напоминающий гигантскую белую птицу. Павильон «Квадраччи» представляет собой параболическую стеклянную конструкцию высотой 27,4 м, опорные контуры которой установлены с помощью конструкции солнцезащитные структуры в виде крыльев. Он состоит из 27 усилителей с регулировкой по высоте. Его легкая и динамичная конструкция из стекла увенчана его архитектурными конструкциями в форме крыльев, получившими название «Солнечный бриз» [8]. В этом

главная изюминка белоснежного здания – своеобразные «крылья» раскрываются в солнечную погоду и складываются в пасмурную или просто на ночь (Рис. 1).

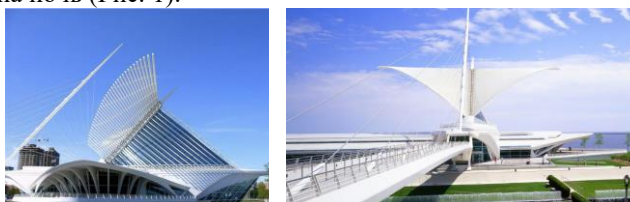


Рис. 1 Фасад музея изобразительных искусств в Милуоки, США, 2001.

Муромский мост через Оку – это современное сооружение, которое воплощает в себе последние достижения отечественной науки. В России это четвертый вантовый мост (Рис. 2). Первые проекты строительства моста возникли еще в советские времена, дальнейшее активное строительство началось в 2006 году. Дорожное полотно надежно удерживается на вантах. Они, в свою очередь, зафиксированы на трех опорах из железобетона: одна расположена в центре Оки, две на берегах. Муромский мост впечатляет своим величием и красотой, а его дизайн можно смело назвать уникальным. Вантовый мост в Муроме часто называют поющим. Говорят, что в ветреную погоду ванты издают своеобразный шум. Это необыкновенное явление связано с деформацией опоры, которая возникает из-за полых опор [9].



Рис. 2 Вантовый мост в Муроме

Ярким примером вантовой конструкции в г. Москве служит Живописный мост (Рис. 3) на северо-западе столицы, который входит в состав Краснопресненского проспекта и проспекта Маршала Жукова и считается вторым (после Крымского) вантовым мостом в Москве и самым большим (длина – 1460 м, ширина — 37 м, длина основного пролёта — 409,5 м, высота – 105 м) мостом такого типа в Европе на момент строительства. Конструкция сооружения уникальна и состоит из огромной арки, являющейся опорой моста, к которой с помощью 72

тросов подвешено дорожное полотно, идущее не поперек, а вдоль реки, плавно изгибаясь и напоминая букву S.



Рис. 3 Живописный мост в Москве, 2007.

### *Разновидность форм сооружений с применением вантовых конструкций*

Форма плана зданий, образованных вантовыми конструкциями, может быть:

- криволинейная (круг, эллипс, овал, параболическая кривая, спираль, комбинированная с применением кривых различных форм и др.);
- прямолинейная (квадрат, прямоугольник, трапеция, многоугольник и др.);
- комбинированная (сочетание кривых и прямолинейных элементов).

1. Криволинейная форма. Для выставочных павильонов, рынков, ресторанов, кафе и других общественных зданий и сооружений круглая и овальная структура в плане считается более рациональной. Центрическая модель плана удовлетворяет различным функциональным и технологическим требованиям и открывает большие возможности для архитектурно конструктивных решений зданий и сооружений (Рис. 4а). Для них обычно применяют системы перекрестных вант или вантовых ферм. После укладки и крепления вант или вантовых ферм облицовочных элементов образуется единое подвесное монолитное сооружение, функционирующее как единое целое. Висячая оболочка претерпевает значительное растяжение, в результате чего могут возникнуть трещины. Чтобы уменьшить деформации покрытия и предотвратить появление трещин, оболочку обычно предварительно натягивают. Для вант используются арматурные стержни периодического профиля.

2. Прямолинейная форма. Прямоугольная и квадратная форма плана (Рис. 4б) дает возможность блокировать основной объем со вспомогательными помещениями, которые почти всегда сопутствуют

зданиям самого разного назначения, совершенствовать первоначальные объемы уже в процессе эксплуатации этих зданий.

В зданиях используются системы параллельных вант или вантовых ферм. Поверхность оболочки имеет цилиндрическую форму. Ванты или фермы опираются на продольные балки, которые передают усилия на опорные рамы. Для устранения взаимного смещения, для обеспечения пространственной жесткости в квадратном или прямоугольном здании обычно используется система взаимно перпендикулярных пролетов, шарнирно соединенных между собой. В качестве контрфорсов целесообразно использовать несущие конструкции, как, например, поперечные боковые стены.

3. Комбинированная форма. Часто функциональная и планировочная схема с большим трудом вписывается в жесткий ритм внутренних опор, в пространство, образованное той или иной конструкцией большепролетного покрытия. Очевидно, что здания с вантовыми конструкциями могут быть практически любой формы (Рис. 4в). Человек, придумывая новый вид вантовых перекрытий, основывается на придуманных природой формах. Изогнутый лист дерева или волна – идеальный пример подражания для любого архитектора или строителя. Природа продумала жесткость конструкции, ее степень изогнутости и эстетический вид необычной формы, которая на самом деле самая простая и привычная нам.

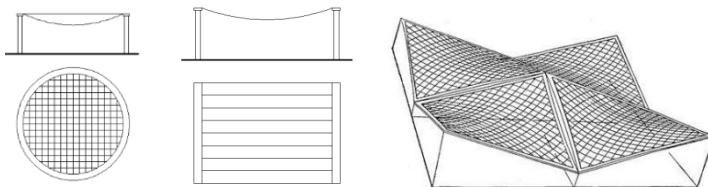


Рис. 4 а криволинейная форма, б прямолинейная форма, в комбинированная форма.

На сегодняшний день, применение вантовых конструкций происходит довольно часто, так как вантовые конструкции могут выполнять не только масштабные задачи, но и могут быть использованы с целью ремонта и украшения здания как снаружи, так и внутри.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермакова Е.В., Рынковская М.И. Формирование пластики оболочек в концертном зале // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 3 (49). С. 53-61.

2. Filipova J., Rynkovskaya M. Carved monge surfaces as new forms in the architecture // MATEC Web of Conferences. 3. Сер. "2016 the 3rd International Conference on Mechatronics and Mechanical Engineering, ICMME 2016" 2017. С. 17006.

3. Козырева А.А., Рынковская М.И., Тупикова Е.М. Зонтичные оболочки для покрытия спортивного центра // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18. № 1. С. 70-78.

4. Siyanov A.I., Rynkovskaya M.I., Abu Mahadi M.I., Mathieu G.O. Improving the performance parameters of metal cylindrical grid shell structures // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. № 7S. С. 365.

5. Страшнов С.В., Рынковская М.И. К вопросу о классификации аналитических поверхностей // Геометрия и графика. 2022. Т. 10. № 1. С. 36-43.

6. Hinz M., Magoulès F., Rozanova-Pierrat A., Rynkovskaya M., Teplyaev A. On the existence of optimal shapes in architecture // Applied Mathematical Modelling. 2021. Т. 94. С. 676-687.

7. [https://www.architime.ru/specarch/santiago\\_calatrava/burke\\_brise\\_soleil.htm#1.jpg](https://www.architime.ru/specarch/santiago_calatrava/burke_brise_soleil.htm#1.jpg).

8. Архитектурные сооружения мира - [https://architectureguru.ru/muromskij-most/] – Текст: электронный.

9. Rynkovskaya M., Ivanov V. Analytical method to analyze right helicoid stress-strain // Advanced Structured Materials. 2019. Т. 92. С. 157-171.

**УДК 624**

**Домасевич Р.В.**

*Научный руководитель: Крючков А.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЫКА ПАНЕЛЕЙ НА СДВИГ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМИ СВЯЗЯМИ**

Эксплуатационные качества крупнопанельных домов во многом зависят от конструктивного исполнения стыков между панелями. Современное строительство крупнопанельных домов применяет различные варианты конструирования вертикальных и горизонтальных

стыков. Выбор конкретного типа соединения зависит от конструктивной схемы здания, способа возведения, экономической целесообразности, района строительства и т.д. В данной работе проведен анализ методик расчета вертикального стыка панелей [1].

Вертикальные стыки – отвечают за соединение стеновых панелей между собой. От конструктива вертикальных стыков панелей зависит пространственная жесткость здания. Работает данный стык в основном на горизонтальные нагрузки и на сдвиг панелей в вертикальном направлении относительно друг друга [2].

Усилие сдвига в вертикальных стыках до появления трещий воспринимается, как правило, бетонными шпонками, образующимися при омоноличивании стыка. После образования наклонных трещин в работу включаются стальные связи. При сопряжении внутренней стеновой панели с наружной, шпонки устраивают в торцах наружных и внутренней панелей, а также на боковых сторонах внутренней панели при ее заведении в плоскость наружных.

Вертикальные стыки по способу связей панелей между собой разделяют на упругоподатливые и жесткие (монолитные). Более надежными в работе являются жесткие монолитные стыки. Прочность соединения между элементами обеспечивается бетоном омоноличивания и армированием петлевыми связями [3].

Жесткостью шпоночного стыка называется способность соединяемых элементов узла смещаться при действии поперечной силы. Численной характеристикой жесткости является коэффициент жесткости, равный силе сдвига, вызывающей единичное перемещение. Сдвиг в данном узле может происходить от деформации бетона омоноличивания, проскальзывания между сборным и монолитным бетоном и смятия шпонки на опорной площадке. Проскальзывание возникает из-за потери сцепления в месте контакта, для этого применяются шпонки, позволяющие сдерживать проскальзывание опорными площадками. Коэффициент податливости выражает перемещение, возникшее от действия единичной силы и является обратной величиной коэффициента жесткости [4].

Существует несколько методик расчета жесткости шпоночного соединения: СП 335.1325800.2017 и СТО 36554501-026—2012. Данные документы предлагают разные способы расчета, которые применяются инженерами при расчете несущей способности стыков крупнопанельных домов.

По СП 335.1325800.2017 расчет податливости шпоночного стыка с петлевыми жесткими связями ведется для двух стадий: до образования трещин и после.

Расчет в случае до образования трещин ведется по формуле как для бетонного шпоночного соединения без армирования:  $\lambda_{\tau,s}=\lambda_{\tau,b}$ :

$$\lambda_{\tau,b} = \frac{l_{loc} \left( \frac{1}{E_b} + \frac{1}{E_{mon}} \right)}{A_{loc} \times n_k} \quad (1)$$

где,  $\lambda_{\tau,b}$  – коэффициент податливости при сдвиге для бетонного шпоночного соединения;  $l_{loc}$  – условная высота шпонки, принимается 250мм;  $A_{loc}$  – площадь сжатия шпонки, через которую передается в соединение сжимающее усилие, мм<sup>2</sup>;  $E_b$  – модуль деформации бетона сборного элемента, Мпа;  $E_{mon}$  – модуль деформации бетона замоноличивания вертикального стыка, Мпа.

Расчет в случае после образования трещин ведется по формуле:

$$\lambda_{\tau,s}=\lambda_{\tau,b}+\lambda_{\tau,m} \quad (2)$$

$\lambda_{\tau,m}$  – коэффициент податливости при сдвиге для бесшпоночного соединения сборных элементов с помощью замоноличенных бетоном арматурных связей, определяемый по формуле:

$$\lambda_{\tau,m} = \frac{6}{d_s \times n_s} \left( \frac{1}{E_b} + \frac{1}{E_{mon}} \right) \quad (3)$$

где,  $d_s$  – диаметр арматурных связей между сборными элементами, мм;  $n_s$  – количество арматурных связей.

В данной методике расчет выполняется с применением ряда допущений:

1. Сдвигающие силы, возникшие от общего изгиба стены в собственной плоскости, приняты равномерно распределенными между типовыми шпонками, расположенными в уровне одного этажа;

2. Расчет соединений на действие касательных и нормальных усилий проводится независимо.

3. Принимается допущение о условной высоте шпонки 250 мм.

Согласно СТО 36554501-026—2012, деформация шпоночного стыка возникает от вертикального сдвигового усилия, передаваемого на стык стеновых панелей.

Воспринимаемое стыком усилие сдвига принимается меньшей из вычисленных по формулам:

$$Q_1 = R_b \times l_k \times t_k \times n_k \quad (4)$$

$$Q_2 = R_{bt} \times l_k \times h_k \times n_k \quad (5)$$

где,  $R_b$  – расчетное сопротивление бетона сжатию;  $R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона растяжению;  $l_k$  – ширина шпонки;  $t_k$  – глубина шпонки;  $h_k$  – высота шпонки;  $n_k$  – кол-во шпонок.

Коэффициент жесткости стыка на сдвиг определяется по формуле:

$$K = \frac{Q}{\Delta} \quad (6)$$

где  $Q=Q_{\min}$  – сдвиговое вертикальное усилие, приходящееся на 1 м.п., ( $Q_1, Q_2$ );  $\Delta$  – смещение стыка, вызываемое усилием  $Q$ , 1мм/м.п.

Из приведенных методик вычислений видно, что по СП 335.1325800.2017 расчета шпоночного соединения ведется по двум стадиям: до образования трещин, когда сопротивление сдвигу воспринимается бетоном шпонки и бетоном омоноличивания и после образования трещин, когда сопротивление сдвига воспринимается с помощью замоноличенных бетоном петлевых выпусков. В методике расчета шпоночного соединения по СТО 36554501-026—2012 сопротивление сдвига воспринимается бетоном шпонки, работа арматурных связей не учитывается в запас прочности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко О.М. Универсальная аналитическая зависимость деформативно-прочностных свойств арматурных сталеи при силовом растяжении / О.М. Донченко, Л.А. Сулейманова, А.А.Крючков, К.И. Логачев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. - №8. – С.27-34.
2. Домасевич Р.В. Крупнопанельные здания с петлевыми соединениями конструкций / Р.В. Домасевич, А.А. Крючков // Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – С. 120-124.
3. Киреева Э.И. Крупнопанельные здания с петлевыми соединениями конструкций / Э.И. Киреева // Жилищное строительство. – 2013. - №9. – С.47-50.
4. Блажко В.П. Тенденции в развитии конструктивных систем панельного домостроения / В.П. Блажко // Жилищное строительство. – 2012. - №4. – С.43-46.

**УДК 624.139**

***Дьяченко А.Ю.***

*Научный руководитель: Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОСНОВАНИЙ**

На сегодняшний день известно большое количество случаев разрушения системы основание — фундамент в результате деградации вечномерзлых грунтов. Основной процент возникновения недопустимых деформаций в конструкциях связан с



геокриологическими процессами, которые участились в результате изменения климата за последние десятилетия.

Сезонное промерзание грунтов наблюдается на территории, занимающей 40% всей площади России. Среднегодовая температура грунта и мощность слоя сезонного промерзания являются результирующими характеристиками теплообмена в грунтах и определяют принцип строительства и конструктивные особенности фундаментов в районах распространения сезоннопромерзающих грунтов. Значительная динамичность этих характеристик в естественных условиях и при их нарушении во многом определяет развитие ряда мерзлотных процессов и явлений, последствия которых негативно сказываются на устойчивости зданий [1].

Долговечность зданий и сооружений напрямую зависит от прочности конструкций оснований и фундаментов, поэтому при проектировании зданий в зоне вечномерзлых грунтов, помимо климатических условий необходим учет грунтовых процессов, протекающих на территории. Так сезонное промерзание является одним из основных факторов, принимаемых во внимание при проектировании фундаментов [2].

Основными причинами появления деформаций сооружений является снижение несущей способности оснований за счет действия природных факторов (морозное пучение, оттаивание и замачивание), которые должны быть учтены на различных стадиях строительства объектов.

В процессе промерзания и оттаивания могут происходить деформации грунта, которые достигают 20...30% и более. Вода при замерзании увеличивается в объеме, однако в природных условиях данное явление объясняется перемещением грунтовой воды из нижележащих талых слоёв к фронту промерзания, которая в большой степени проявляется в глинистых грунтах. Это явление приводит к морозному пучению грунтов [3, рис. 1].

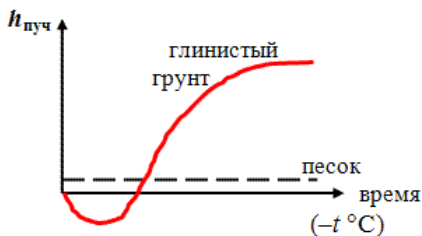


Рис. 1 Развитие пучений для песчаных и глинистых грунтов

При промерзании грунт смерзается с поверхностями фундаментов, а затем при пучении деформирует их. Это часто приводит к перемещению фундаментов. Их подъем и опускание в различных частях здания происходят одновременно, причем деформации различны по величине. Впоследствии, при оттаивании грунта возникают просадки [4, рис. 2].



Рис. 2 Трещины в фундаменте, образовавшиеся в результате морозного пучения

Также к температурно-деформационным явлениям грунта относится образование морозобойных трещин в деятельном и вечномёрзлом слоях. При промерзании оголённых от снега поверхностей грунта происходит его объемное уменьшение, сопровождающие часто образование клинообразных трещин. В трещины с течением времени проникает вода, которая затем превращается в лёд, а это способствует дальнейшему их росту. Такие морозобойные трещины приводят к изменению глубины промерзания. Могут нанести ущерб дорожному полотну, зданиям, инженерным сетям [5, рис. 3].

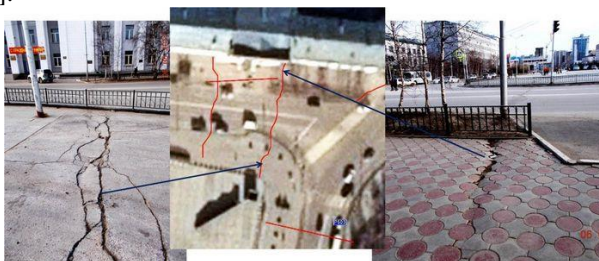


Рис. 3 Многократное морозобойное растрескивание на перекрёстке улиц пр. Ленина и ул. Петровского г. Якутска и положение этой трещины на космическом снимке

Значительные деформации происходят при образовании «термокарста» в деятельном и вечномёрзлом слоях грунта. Термокарстом называется процесс вытаявания подземных льдов, сопровождающийся просадками земли. Чаще всего вызванного увеличением снежного покрова. В области вечной мерзлоты даже небольшие нарушения естественных условий приводят к бурным проявлениям термокарста. Воздействие этого процесса на инженерные сооружения часто носит катастрофический характер и требует специальных мероприятий для его предотвращения [6, рис. 4].



Рис. 4 Деформация здания заброшенной воинской части в низовье Енисея за счет неравномерного вытаявания подземного льда

Для нормальной эксплуатации протяженных зданий необходимо, чтобы неизбежное воздействие криогенных процессов, таких как термокарстовые просадки при сезонном оттаивании или пучение грунта при промерзании, было достаточно равномерным на единицу длины сооружения. При этом условия даже высокие интенсивности этих процессов не столь опасны. В противном случае могут возникнуть значительные деформации.

Более 75% всех зданий и сооружений в зоне вечной мерзлоты построено и эксплуатируется по принципу сохранения мерзлого состояния грунтов оснований. Чем ниже температура мерзлоты, тем больше силы смерзания и, значит, больше несущая способность оснований. При деградации мерзлоты, повышении температуры грунтов наблюдается резкое уменьшение несущей способности замороженных фундаментов, но так как нагрузки от сооружений остаются прежними, то объекты деформируются [7].

Есть здания, под которыми в результате таяния мерзлоты образуются озера. Вода начинает дренировать и стекать к соседним домам, вовлекая их в разрушительный процесс (Рис. 5).



Рис. 5 Частичное обрушение несущей стены и разрушение сваи дома по ул. Автодорожная, 8/4 в г. Якутск из-за скопление талых вод под зданием

Деградация мерзлоты вызывает массовые деформации зданий и сооружений города. Если в 1992 году процент поврежденных зданий в Норильске составлял 10 %, то сейчас число сооружений, получивших повреждения из-за просадок фундаментов, увеличилось до 42 % [8].

Таким образом, причиной разрушения зданий чаще всего является комплекс проблем связанных с деградацией вечной мерзлоты при строительстве и содержании фундаментов. Меры борьбы с деградацией мерзлоты подразумевают её консервацию – создание установок, не дающих грунтам размораживаться, использование современных методов строительства. В настоящее время необходимы принятие мер по постоянному мониторингу состояния грунтов, прогнозирование поведения мерзлого основания, особенно промышленных, жилых сооружений.

Прогноз реальной опасности на основе многовариантного совместного геотехнического расчета основания, фундаментов и надземного каркаса позволяет сохранить объект при минимальных затратах на его усиление. Это предотвратит практику разборки деформированных объектов и даст оптимальные пути их восстановления с минимальными затратами сил и средств.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быков Н. И. Вечная мерзлота и строительство на ней / Н.И. Быков, П.Н. Каптерев. – Москва: Трансжелдориздат, 1940. - 372 с.
2. Брикетова А. А. Геокриологические процессы, влияющие на деградацию оснований в условиях вечной мерзлоты / А. А. Брикетова, Е. Г. Третьякова // Вестник евразийской науки. - 2022. - № 3. - С. 60-74.
3. Кузнецова В. Н. Анализ результатов сжимаемости мерзлых грунтов / В. Н. Кузнецова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - № 7. - С. 90-93.

4. Гайсин Е.Д. Георадарное обследование строительных объектов в условиях вечной мерзлоты / Е.Д. Гайсин, М.Т. Хайдаров // Сборник статей участников XIII Международной научно-практической конференции. - 2020. - № 1. - С. 62-65.

5. Волков, В.С. Экзогенные геологические процессы в криолитозоне / В.С. Волков, Т.В. Кезина // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. - 2014. - № 67. - С. 125-134.

6. Нестерова Н.В. Геокриологические факторы активизации термокарстовых процессов в Центральной Якутии / Н.В. Нестерова, О.М. Макарьева, А.Н. Федоров, А.Н. Шихов // Гидрология от познания к мировоззрению: сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова. - 2020. - № 4. - С. 739-744.

7. Калачук Т. Г. Анализ причин деформации зданий и сооружений и мероприятия по их устранению / Т. Г. Калачук, А. И. Калачук // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - № 6. - С. 101-104.

8. Анисимов О.А. Информационная система для оценки последствий изменения климата в области криолитозоны / О.А. Анисимов, В. Ю. Поляков // Криосфера Земли. - 1998. - № 3 - С. 91-95.

**УДК 004.032.26**

***Елесина Ю.С., Микитинский М.Е.***

***Научный руководитель: Данилова С.В., канд. экон. наук, доц.  
Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия***

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ**

Сегодня без нейронных сетей не обходится ни одна область науки и техники. В их число входят архитектура и строительство, где нейросети используются при решении широкого спектра задач, связанных с проектированием и постройкой зданий.

Нейросеть (или искусственная нейронная сеть) - это компьютерная система, созданная для обработки информации, которая имитирует работу нервной системы человека. Она состоит из множества соединенных между собой искусственных нейронов, которые обрабатывают входные данные и выдают выходные данные. Нейросеть может использоваться для решения различных задач, таких как распознавание образов, классификация данных и прогнозирование.

Нейросети могут обучаться на основе больших массивов данных и использовать эту информацию для решения конкретных задач.

В строительной индустрии нейросети применимы для оптимизации проектирования зданий, прогнозирования стоимости строительства, увеличения производительности труда на рабочих местах, повышения безопасности конструкций, управления рисками проекта и энергопотреблением построенных объектов, строительстве «умных» зданий и т.д. [1].

Нейросети могут использоваться в проектировании зданий для оптимизации различных параметров, таких как конструкция, материалы, системы отопления и кондиционирования воздуха, электрические системы. Например, нейросети могут использоваться для моделирования тепловых потоков в здании, чтобы определить оптимальное расположение окон и дверей для максимальной эффективности отопления и кондиционирования воздуха. Они также могут использоваться для определения наилучшего расположения системы вентиляции, чтобы обеспечить оптимальную циркуляцию воздуха в здании.

Нейросети также целесообразно использовать при прогнозировании стоимости строительства зданий. На основе большого количества данных, связанных с проектами по строительству зданий, нейросети могут создавать модели, которые будут использоваться для прогнозирования стоимости строительства. Прогнозирование основывается на данных о рыночных ценах на материалы, трудовых затратах, стоимости оборудования. Это может помочь проектировщикам и инженерам в определении бюджета проекта и планировании расходов на различные этапы строительства. Нейросети могут также использоваться для определения оптимального времени начала строительства, учитывая сезонные изменения цен на материалы и трудовые затраты. Совокупность этих факторов может помочь в улучшении эффективности и экономичности строительства.

Нейросети позволяют увеличить производительность на рабочих местах, предсказывая оптимальные методы работы и оптимизируя процессы. Например, они могут использоваться для анализа данных о рабочих процессах и выявления наиболее эффективных методов выполнения задач. Также нейросети могут помочь в автоматизации рутинных задач и уменьшении времени, затрачиваемого на выполнение работ. Кроме того, нейросети могут использоваться для анализа данных о здоровье и безопасности на рабочем месте, что может помочь в предотвращении несчастных случаев и повышении безопасности работников.

Нейросети могут использоваться для автоматизации ряда задач, которые ранее выполнялись вручную, что может снизить зависимость от рабочей силы. Например, нейросети могут использоваться для автоматического распознавания дефектов на строительных материалах или для автоматического контроля качества работ. Это позволяет сократить время и затраты на обучение новых сотрудников и уменьшить вероятность ошибок.

Нейронные сети также отличный инструмент для анализа данных о физических свойствах материалов, а также о процессах их изготовления и эксплуатации. На основе этих данных нейросети могут предсказывать возможные дефекты и повреждения конструкций, а также оптимизировать их конструкцию для повышения прочности и безопасности. Кроме того, нейросети могут использоваться для мониторинга состояния конструкций в режиме реального времени, что позволяет быстро выявлять потенциальные проблемы и принимать меры по их устранению [2].

Нейросети могут помочь уменьшить риски строительства, предсказывая возможные проблемы и опасности на различных этапах проекта. Например, они могут использоваться для прогнозирования возможных задержек в строительстве, связанных с погодными условиями, транспортировкой материалов или другими факторами. Также нейросети могут помочь в определении наиболее эффективных методов строительства и использования ресурсов, что может снизить риски возникновения проблем в процессе строительства. Кроме того, нейросети могут использоваться для анализа данных о предыдущих проектах и выявления общих проблем и рисков, что поможет избежать ошибок в будущих проектах.

Еще один вариант использования нейросетей в строительной индустрии – это управления энергопотреблением зданий. На основе данных о потреблении энергии в здании, нейросети способны создавать модели, которые могут использоваться для оптимизации использования энергии. Например, нейросети могут определять оптимальные настройки систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для минимизации потребления энергии. Они также могут использоваться для определения оптимального расположения окон и дверей для максимального использования естественного света и минимизации потребления электроэнергии.

Нейросети могут использоваться в строительстве «умных зданий» для автоматизации управления системами и процессами, связанными с эксплуатацией здания. Например, нейросети могут использоваться для управления системами безопасности, управления доступом, управления

освещением. Нейросети могут использоваться для анализа больших объемов данных, собранных от датчиков и других устройств, чтобы предсказывать возможные проблемы в работе систем и предлагать решения для их устранения. Это позволяет сократить время на обнаружение и устранение проблем, а также повысить надежность и безопасность систем умных зданий.

Нейросети можно применять для оптимизации управления автопарком и парком строительной техники. Они могут помочь в прогнозировании потребности в технике на определенных объектах и оптимизировать ее использование. Например, нейросети могут помочь определить оптимальный маршрут для транспортировки материалов и оборудования, что может сократить время и затраты на транспортировку.

Также нейросети могут использоваться для мониторинга состояния техники и предотвращения неисправностей. Они могут анализировать данные о работе техники и выявлять возможные проблемы, что позволяет производить ремонт и замену деталей заранее, прежде чем произойдет поломка. Это может снизить затраты на ремонт и увеличить эффективность использования техники.

При помощи метода генеративного дизайна, использующего нейросети и алгоритмы машинного обучения для создания новых и оригинальных дизайн-решений, можно существенно улучшать качество дизайна объектов строительства.

Генеративный дизайн может помочь улучшить качество дизайна зданий, позволяя архитекторам быстро создавать и оценивать множество вариантов проекта [3]. Нейросети могут анализировать данные о климатических условиях, топографии и других факторах, которые могут повлиять на дизайн здания, и предлагать оптимальные решения.

Кроме того, генеративный дизайн может помочь учитывать различные критерии при проектировании зданий, такие как энергоэффективность, устойчивость к стихийным бедствиям, удобство использования и прочность конструкции. Это может помочь создавать более функциональные и экологически чистые здания.

Применение нейросетей в строительной индустрии может привести к значительному улучшению процесса проектирования и строительства зданий. Нейросети могут помочь архитекторам и инженерам создавать более эффективные и экологически чистые здания, а также уменьшить затраты на строительство и эксплуатацию зданий. Однако, несмотря на все преимущества использования нейросетей в архитектуре и строительстве, есть и некоторые



ограничения. Например, для обучения нейросетей требуется большое количество данных, что может быть затруднительно в случае отсутствия достаточного количества данных или необходимого оборудования. Также важно помнить, что нейросети не могут полностью заменить человеческий интеллект и опыт в процессе проектирования и строительства зданий. Они могут использоваться только как инструмент для улучшения процесса проектирования и оптимизации использования ресурсов.

В заключение, можно сказать, что нейросети имеют большой потенциал в строительной индустрии и могут быть использованы для решения различных задач, связанных с проектированием и строительством зданий. Однако, для их эффективного использования необходимо учитывать как преимущества, так и ограничения этой технологии.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Artificial Intelligence in the Construction Industry. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thinkml.ai/artificial-intelligence-in-the-construction-industry/> (дата обращения: 02.05.2023).

2. Нейросети в строительной индустрии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://upperator.ru/construction> (дата обращения: 02.05.2023).

3. Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyronnye-seti-primenenie-segodnya-i-perspektivy-razvitiya/viewer> (дата обращения: 02.05.2023).

**УДК 69.074**

**Заикин М.А.**

*Научный руководитель: Латышев С.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ГИПЕРБОЛОИД ИНЖЕНЕРА ШУХОВА**

Наша страна богата выдающимися учеными, изобретателями. Среди них и Михаил Ломоносов, и Александр Попов, и Иван Кулибин и конечно же Владимир Шухов.

Статья посвящена выдающемуся ученому, инженеру, архитектору Владимиру Григорьевичу Шухову. Он внес существенный вклад в

развитие нефтяной индустрии и строительство, теплотехнику и судостроение, военное и реставрационное дело.

По чертежам, которые были созданы В.Г. Шуховым проектировали и конструировали речные танкеры, прокладывали нефтепроводы, строили башни и возводили заводы.

В.Г. Шухов создал уникальную конструкторскую разработку по обеспечению водоснабжением многих городов России.

Следует отметить, что в конце XIX века остро стоял вопрос строительства водопроводов в городах. Существовала даже определенная конкуренция по их строительству, поскольку решения, которые существовали до изобретения В.Г. Шухова были дорогостоящими [1].

Необычный подход, который применил В.Г. Шухов при конструировании водопроводов был взят из строения ивовых корзин. Проанализировав такой необычный подход и применив конструкторские решения, он определил, что наиболее оптимальной и прочной в вертикальном направлении будет сетчатый однополостный гиперboloид, образованный прямыми стальными направляющими, соединенными стальными кольцами. Шуховым впервые был создан гиперboloид сетчатой стальной водонапорной башни. Это изобретение стало прорывом, по сути новым направлением в строительстве водопроводов и водонапорных башен.

Опытную конструкцию водонапорной башни Владимир Григорьевич начал испытывать в 1895 году. Построили ее во дворе завода Бари в Москве. Простояла она не долго. Однако опыт в ее построении помог в дальнейшем создать первый промышленный образец гиперboloидной водонапорной башни [3].

На всероссийской и промышленной выставке в 1896 году в Нижнем Новгороде представленная конструкция произвела настоящий фурор среди отечественных и зарубежных специалистов.

Конструкция была внушительных размеров, высота башни достигала 37 м, высота несущего гиперboloида от фундамента до дна резервуара достигала 25 м. Однако, несмотря на это конструкция выглядела эстетично. На рис.1 представлена «Водоемное здание в один бак емкостью 8 кв. саж. на станции Нижний Новгород» [1].

На основании вышеописанной конструкции В.Г. Шухов произвел методику расчета гиперboloидных сетчатых башен и универсальную систему разметки металлических конструкций. Графическое оформление проекта было простым и удобным, им могли пользоваться не только инженеры, но и средний технический персонал, с легкостью разбираясь в деталях проекта.

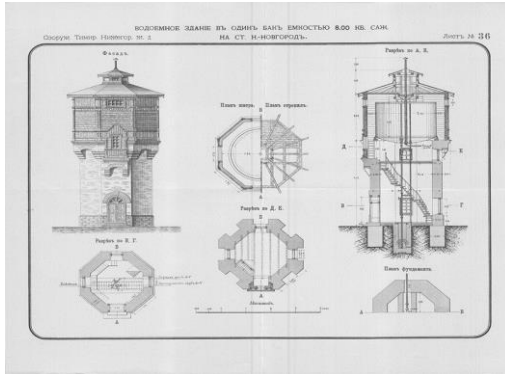


Рис. 1 Водоемное здание в один бак емкостью 8 кв. саж. на станции Нижний Новгород

Уже в начале XX века «шуховские» водонапорные сетчатые башни стали вытеснять ранее построенные типовые конструкции. Водонапорные сетчатые башни при возведении и эксплуатации были дешевле, прочнее и красивее, по сравнению с уже имеющимися.

«Гиперболическая сетка инженера Шухова до сих пор не потеряла своей актуальности, и в настоящее время представляет настолько совершенный тип металлической башни, что своевременное применение их для водоснабжения на железных дорогах и в городах дало бы большие сбережения строительного капитала...» – это строки из изданной в 1911 году книги инженера Д.В. Петрова «Железные водопроводные башни. Их назначение, конструкции и расчет» [1].

При жизни Владимир Григорьевич принимал личное участие в строительстве гиперболоидных водонапорных башен. Всего их было построено, порядка 200. Типовые проекты, создаваемые В.Г. Шуховым по строительству гиперболоидных водонапорных башен, продавались фирмой Бари различным компаниям [3].

Водонапорные башни обеспечивали водой не только городское хозяйство, но и активно использовались промышленными предприятиями. В Самаре, Луганске, Ярославле, Казани и других городах для предприятий были построены такие башни: Самара, Ярославль, Казань, Луганск и другие. Применение водонапорные башни нашли и на российских железных дорогах, их было построено больше 40 [2].

Первая многоярусная гиперболоидная башня была построена В.Г. Шуховым в 1911 году. Построили ее для станции «Ярославль». Эта нестандартная конструкция водонапорной башни была внушительных

размеров, высота ее составила более 39 м. Состояла она из двух секций-гиперболоидов, соединенными между собой кольцами. В кольце был резервуар. Верхняя секция резервуара была построена для противопожарных целей и имела объем 200 м<sup>3</sup>. Нижняя секция резервуара предназначалась для снабжения водой курьерских поездов и имела объем 120 м<sup>3</sup> и. Вес конструкции составил свыше 60 тонн. [3]. Шуховские водонапорные башни сохранились в пять городах России: Петушках, Лобне, Иванове, Вологде, в Липецкой области, а также на просторах СНГ [2].



Рис. 2 Водонапорная башня, г. Ярославль, 1911 г.

В дальнейшем этот принцип конструирования многоярусной гиперболоидной башни был использован при строительстве других объектов, например, при строительстве многоярусной 150-метровой радиобашни.

Наследие В.Г. Шухова до сих пор находит применение во всех уголках мира.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водопроводы и водонапорные башни В.Г. Шухова, Полимерные трубы №4(30) / декабрь 2010 г.
2. Шухова Е.М. Владимир Григорьевич Шухов. Первый инженер России. М.: Изд. МГТУ, 2003.
3. «Шумилкин, А.С. Шуховская башня в г. Выксе нижегородской области. Реставрация памятника федерального значения / А.С.

Шумилкин // Приволжский научный журнал. — 2018. — № 3. — С. 151-155. — ISSN 1995-2511. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/309502> (дата обращения: 05.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.»

4. Брыкова Л.В., Латышев С.С. Применение активных методов обучения в профессиональной подготовке инженера // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4-х томах. 2015. С. 26-29.

**УДК 694.14**

**Замуленко А.С.**

*Научный руководитель: Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ФАХВЕРКОВОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ**

Термин фахверк происходит от немецких слов «fach» (панель, секция) и «werk» (постройка, сооружение). Данным термином обычно называют любые стоечно-балочные конструкции. Фахверк – одна из многочисленных технологий каркасного строительства, объединенных общим названием «Post Beam». Аналогами фахверка являются французский «colombage», британский «half-timbered», швейцарский «riegelhaus».

История появления фахверка указывает разные даты зарождения такого вида строительства. Общепринято считают местом появления фахверка Германии, а период - 14-15 века. Отсюда фахверк стал стремительно «завоевать» другие страны. В 17 веке фахверковые дома строились уже в большинстве стран Европы. Фахверк стал олицетворением государственной архитектуры Германии [1].

Данный способ строительства домов активно развился и набрал популярность благодаря германским мастерам. По технологии фахверк в средние века строили дома, состоящие из 5-6 этажей, а также государственные и хозяйственные здания, например, поликлиники, ратуши, небольшие дворцы, хозяйственные постройки и мельницы. Экономия дорогостоящей древесины в процессе строительства – основная причина популярности технологии фахверк.

В России было принято строить дом из цельных бревен, что в Европе считалось расточительством. Еще одно преимущество каркасного метода строительства – существенное увеличение внутреннего пространства и этажности здания. В отличие от рубленых, каркасные дома можно строить с более свободной планировкой, без строгого ограничения размера комнат по длине бревен.

В технологии фахверк основной несущей конструкцией является жёсткий каркас балок из дерева, вертикальных стоек, горизонтальных ригелей и диагональных раскосов. Секрет прочности и надёжности технологии фахверк заключается в отборе высококачественной древесины, используемой в домостроении (ранее в данной технологии для изготовления балок использовали дуб) и качественно выполненных соединений деревянных деталей с применением специальных врубок («на потайной шип», «ласточкин хвост») и нагелей (деревянных гвоздей). Фахверк можно отнести к технологиям так называемого «деревянного строительства без единого гвоздя» (Рис. 1).



Рис. 1 Современные дома, построенные по фахверковой технологии.

Чтобы защитить от гниения деревянные элементы, соприкасаемые с землёй, их устанавливали на каменные цоколи или первый этаж строения целиком выполняли из камня. От влаги каркас защищала структура самой древесины – по капиллярной системе вертикально стоящих балок влага стекала вниз и не задерживалась в тканях дерева. Также для защиты использовали натуральный масляный состав. Он наносился на элементы несущей конструкции, придавая древесине стойкость к воздействиям атмосферы, поражению насекомыми и пожарам.

При строительстве домов по технологии фахверк для упрощения и удешевления процесса используют лиственницу в сочетании с другими строительными материалами.

Лиственница относится к уникальным породам древесины, имеет мягкую хвою, опадающую осенью. Заболонь очень узкая и при обработке обычно уходит в обрезки. Поэтому в деловой древесине присутствует ядровая древесина, имеющая естественный красновато-

бурый оттенок и красивый рисунок. Дополнительная обработка для эстетичного вида материала из лиственницы не требуется (рис. 2).

В строительстве применяются следующие породы лиственницы:

1. Европейская. Растет в горных регионах Западной и Северной Европы. Издавна используется для постройки домов и кораблестроения.

2. Польская. Дерево с ровным стволом, хорошо подходит для строительства. В России практически не растет, её основные места произрастания – Румыния, Польша, Словакия, Украина.

3. Североамериканская. В западном полушарии широко используется для постройки домов, изготовления паркета, доски пола, корабельной отделки. В России реализуется в основном, в виде готовых деревянных изделий и отделочных материалов.

4. Даурская или амурская. Произрастает в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Китае и Монголии. Самая северная разновидность, древесина которой по плотности не уступает дубу.

5. Сибирская. Самый распространенный вид. Большие деревья высотой до 80 м, обхватом до метра и ровным стволом растут в сложных погодных условиях. Поэтому их годичные кольца нарастают медленно, а древесина набирает высокую прочность.

Преимущества древесного материала для строения домов из лиственницы.

1. Привлекательный внешний вид, заключающийся в красивом природном рисунке текстуры и оттенках окраса.

2. Высокого содержания смолы (до 23%), которая защищает древесину от гниения и поражения грибами.

3. Достаточно высокая огнестойкость.

4. Высокосортность – стволы почти без сучков.

5. Морозостойкость.

6. Низкая теплопроводность –  $0,13 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , что позволяет использовать материал в качестве теплозащиты.

7. Низкая гигроскопичность.

Лиственница имеет высокую прочность на сжатие, превосходящую дуб (прочность дуба – 94 МПа, лиственницы – 96 МПа). Однако плотность материал зависит от возраста дерева – чем оно старше, тем плотнее ствол. Ближе к комлю плотность увеличивается. Высокая влажность уплотняет структуру дерева. Фундаментные сваи, на которых построены дома по технологии фахверк, будут долго служить надежным фундаментом дома.



Рис. 2 Пиломатериал из лиственницы (доска)

Дом, построенный по технологии фахверк из лиственницы, наполняется насыщенным ароматом хвои, а смолистость материала позволяет создать в помещении благоприятный микроклимат. Долговечность – неотъемлемое качество фахверковых строений из лиственницы при соблюдении технологий строительства (могут простоять 200 и более лет). Такой дом устойчив к воздействиям атмосферных явлений, резких перепадов температур и поражению насекомыми-вредителями.

Технология фахверк экономична, достаточно проста и практична, эстетически привлекательна и современна в новых реалиях строительства. Такой вид строительства применяют в частном малоэтажном домостроении, в строительстве загородных домов, пансионатов, развлекательных учреждений и др. Технологии фахверка позволяют строить дома-трансформеры, что невозможно для каменных или железобетонных строений. Витражное заполнение проемов каркаса дает еще одно преимущество фахверку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журнал: LAFETOFF компания деревянного домостроения «Дом из лиственницы: плюсы и минусы, свойства древесины». [электронный ресурс]. – Режим доступа <https://lafetoff.ru/blog/dom-iz-listvennitsy-plyusy-i-minusy/>.
2. Сетевой журнал: «Дом с нуля», ст. Виды каркасных домов и их особенности. [электронный ресурс]. – <https://gradusdom.ru/interer/vidy-karkasnyh-domov.html>.
3. Дылис Н.В. Лиственница. Издательство: Лесная промышленность. 1981 г. С. 113-118.
4. Вертлицкая Н. Журнал практических идей и решений «Земледелец», ст. «Загородное строительство» №4 (44), апрель 2009 г., С. 9-10.



5. Овсянников С.И., Агеева М.С., Нестеренко М.Ю. Исследование микроструктуры древесины // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. 2015. №3. С. 140 – 145.

6. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.

7. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020. С. 109.

**УДК 694.141.4**

*Замуленко А.С.*

*Научный руководитель: Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ФАХВЕРК**

С времен появления фахверковой технологии постройки домов, опорные столбы вкапывались в землю, а стены фиксировались к ним камнями, придавливая сверху. В современной технологии к фундаменту крепят обвязочный брус с фиксацией анкерами. Вертикальные стойки каркаса устанавливаются на обвязочный брус.

Соединение «ласточкин хвост» является наиболее прочным для воздействия сил различной направленности – сжатия, растяжения, смещения и т.п. Вертикальные стойки размещают по углам каркаса на расстоянии около 6 м. В местах установки окон, дверей и перекрытий монтируются балки в горизонтальном направлении. Соединение брусьев между собой выполняется по технологии в пол – бруса или в шип-паз с фиксацией деревянными нагелями.

Соединение «ласточкин хвост» считается герметичным и цельным замковым способом для строительства дома из бруса. Выполняется оно согласно ГОСТу 30974 – 2002 «Соединения угловые деревянных брусчатых и бревенчатых малоэтажных зданий. Классификация, конструкции, размеры» [1]. Соединение «ласточкин хвост» делает соединение бруса долговечным и надежным без дополнительных крепежей. По своему строению конструкция похожа на «коренной

шип». Шип выпиливается на торце бруса, а паз относится к срединному элементу. Формы и размеры шипа и паза должны обеспечить герметичность соединений. Шип выполняют в форме трапеции (рис. 1).

Такое угловое крепление бруса не имеет выхода наружу, поэтому относится к ветронепроницаемым. В угловых соединениях типа «ласточкин хвост», выполняют прирубки. Прирубка выполняется в полдерева, ей должна быть придана трапециевидная форма.

Соединение типа «ласточкин хвост» имеет несколько разновидностей.

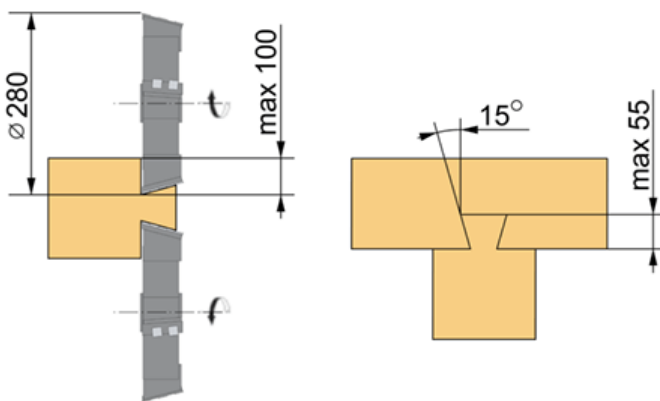


Рис. 1 Конструкция «ласточкин хвост»

Крепление брусьев шпонкой – в брусьях изготавливаются пазы в виде трапеции, в них забиваются шпонки.

Крепление на трапециевидный коренной шип.

Угловое крепление – имеет один большой шип, который входит в паз предыдущего бруса и т. д.

В соответствии с ГОСТ, производится соединение деталей по технологии «ласточкин хвост» одним из способов «в лапу» (грубое соединение), этот способ применяется для постройки каркасных домов, домов из бруса, бревен. Венцы сруба надежно фиксируются максимально точно выполненным замком во всех плоскостях. При этом будут видны соединительные места. Несущими элементами являются шипы, на них приходится основная нагрузка. Брус шириной 25 см является оптимальным для этого вида крепления.

Размеры основных элементов зависят от классификации типов соединения «ласточкин хвост»: угол наклона шипов определяет

механические особенности соединения, размеры шипа, интервалами между шипами определяется прочность конструкции, количество шипов (рис. 2).

Причиной потери прочности конструкции из-за действия нагрузок может стать небольшой угол наклона. Для того чтобы потери прочности не произошло, используется столярный клей. В разрушении замка так же причиной потери прочности может стать и большой угол, так как нижняя часть шипа уменьшается.

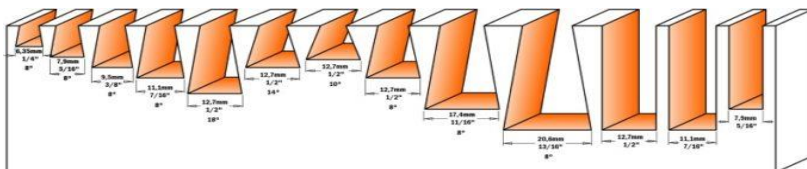


Рис. 2 Конструкция «ласточкин хвост» углы наклона, размеры шипа.

«В лапу» (рис. 3) – этот вид крепления между собой, используется для угловых соединений в строительстве домов из клееного бруса, и применяется не только для углов. Конструкция узла в лапу выполняется в присек. Плоскости горизонтального типа делают под наклоном, для защиты от продуваемости, наклон должен быть в обоих направлениях.

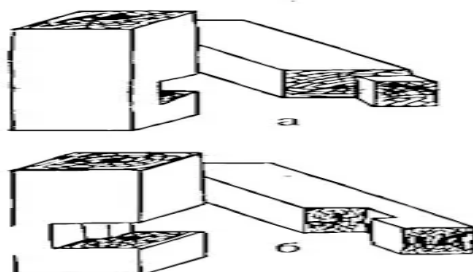


Рис. 3 Схема соединение в лапу Т-образное.

- а – с потайным косым шипом («в лапу» или «ласточкин хвост»);
- б – с прямой ступенчатой накладкой.

Изготовление соединения «ласточкин хвост» производится в следующей последовательности:

Производится разметка шипов. Определяется количество зубьев перед проведением разметки (эта величина зависит от геометрических параметров заготовки). Рейсмусом проводится линия заплечиков. На всех 4-х гранях делается разметка. На торце боковой поверхности с помощью специального шаблона так же наносится разметка. Во время

распила, чтобы не допустить ошибок, выделяют удаляемые участки определенным цветом или маркером.

Выпиливание шипов. Необходимо закрепить деталь для точности распила. Обеспечить неподвижность. На величину отмеченных заплечиков произвести пропилы. Положение пилы должно на время выполнения всей работы сохраняться перпендикулярно по отношению к поверхности торца.

Удаление промежутков. Используют два способа. Первый способ – применение ручного или электрического лобзика. Второй способ – использование стамески и молотка.

Разметка элементов. Производится разметка углов наклона зубьев и пазов.

Выпиливание пазов. Технология схожа с процедурой удаления промежутков.

Предварительная подготовка и сборка конструкции. На этом этапе проверяется точность изготовленных шипов и пазов. При помощи этого этапа получается обнаружить вероятные пороки. Это позволит их ликвидировать для обеспечения прочного крепления. Для того чтобы не допустить поломки зубьев, подгонку необходимо проводить аккуратно без лишних усилий и перекосов. Зубья должны плавно входить в шипы. Производится шлифование наждачной бумагой если это необходимо.

Завершающий этап сборка и склейка конструкции. На контактные поверхности зубьев наносится клей. Выбор которого зависит от размеров и массы конструкции. Для того чтобы обеспечить прочное, долговечное склеивание детали закрепляют с помощью струбцин и оставляют до полного высыхания.

В заключении статьи можно сделать выводы о том, что применение типа соединения «ласточкин хвост» для крепления вертикальных и горизонтальных балок в строительстве по технологии фахверк является обоснованным, эффективным и доступным в экономических целях. Соединение в «ласточкин хвост» обеспечивает необходимую прочность и надежность конструкции каркасного дома. Так же особую роль играет и эстетический вид данного соединения. Швы изделий и конструкций выглядят аккуратно и имеют определенный шахматный рисунок.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Журнал – руководство: ЛЕСОТЕКА, «Столярное шиповое соединение (шип – паз)», [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lesoteka.com/obrabotka/shipovoe-soedinenie>.
2. Руководство: СК Смирнов строим из бруса «Какое соединение

бруса в углах лучше?». – [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sksmirnov.ru/>.

3. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020.С. 109.

4. ГОСТ 30974-2002 Соединения угловые деревянных брусчатых и бревенчатых малоэтажных зданий. Классификация, конструкции, размеры.

5. Юрмалайнен П., Строим сами деревянный дом, справочное пособие, 1992 г., С. 52-53.

6. Овсянников С.И., Суска А.А., Шевченко С.А. Formation of heat-insulating enclosing structures of dome structures for the far North // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 698 2019. doi:10.1088/1757-899X/698/2/022006

7. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Особенности экспертизы в деревянном домостроении // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства) : Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 303-309.

**УДК 624**

***Карпенко М.С.***

***Научный руководитель: Орехова В.И., ст. преп.***

*Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,  
г. Краснодар, Россия*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОММУНАЛЬНОГО СЕКТОРА**

Керамзитобетонные блоки - эффективный и экологически чистый материал для строительства общественных зданий. Он изготавливается из керамзита и цемента, что обеспечивает высокую прочность, устойчивость к механическим нагрузкам и долговечность.



Рис. 1 Керамзитобетонные блоки

Существует множество преимуществ использования керамзитобетонных блоков в городском строительстве. [1,2]

- Снижение стоимости строительных материалов. Глиняные блоки имеют пористую структуру и могут быть изготовлены с меньшим количеством цемента и заполнителей, чем традиционные бетонные блоки.

- Лучшая изоляция. Глиняные блоки обладают лучшей теплоизоляцией, чем традиционные бетонные блоки, что позволяет снизить затраты на отопление и охлаждение общественных зданий.

- Легче работать. Глиняные кирпичи легче традиционных бетонных кирпичей, что облегчает их транспортировку и установку.



Рис. 2 Транспортировка керамзитобетонных блоков

- Устойчивость к механическим повреждениям. Глиняные кирпичи обладают высокой прочностью и устойчивостью к механическим повреждениям, поэтому они дольше сохраняют свою форму и функциональность.

- Экологическая безопасность. Глиняные кирпичи являются экологически чистым материалом и не содержат вредных веществ, поэтому их использование в строительстве не наносит вреда окружающей среде.

Эти блоки принимаются на переработку компаниями по производству строительных материалов. В некоторых случаях керамзитобетонные блоки могут быть использованы для строительства новых сооружений, таких как дороги, насыпи, мосты и другие конструкции. [2] Во всех случаях перед отправкой керамзитобетонных блоков на переработку необходимо убедиться, что они не относятся к категории опасных отходов (например, асбест, ртуть или свинец, которые могут загрязнять окружающую среду) и что они соответствуют региональным нормам утилизации. Кроме того, керамзитобетонные блоки могут быть разобраны и повторно использованы в качестве строительного материала до отправки на переработку, что позволяет сократить количество отходов и сэкономить ресурсы. [3]

При применении в различных общественных сооружениях здания из керамзитобетона снижают теплотери, что уменьшает затраты на отопление в холодное время года и способствует созданию комфортного микроклимата в помещениях. Они используются при строительстве всех конструктивных элементов зданий. Следует подчеркнуть, что использование керамзитобетонных блоков снижает затраты на строительство, сокращает сроки возведения зданий и сооружений, улучшает их теплоизоляционные свойства, что в конечном итоге экономит энергоресурсы. [2,3]

Керамзитобетонные блоки имеют высокую огнестойкость и не подвержены коррозии, что делает их более долговечными и безопасными в использовании.

Эти факторы делают его наиболее перспективным современным строительным материалом, особенно в сейсмоопасных районах, где требуются прочные и устойчивые материалы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Терещенко, С. И. Конструкция, технологические схемы локальных очистных сооружений, применяемые для обеспечения экологической безопасности в п. Бухта Инал туапсинского района / С. И. Терещенко, В. И. Орехова // Современные проблемы обеспечения экологической безопасности : Сборник материалов Всероссийской очно-заочной научно-практической конференции с международным участием, Орел, 16 мая 2017 года / Современные проблемы обеспечения

экологической безопасности. – Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2017. – С. 318-323.

2. Чижевская, Н. А. Применение алюминия при строительстве / Н. А. Чижевская, И. А. Приходько // Современные материалы и технологии : Сборник материалов Международной молодежной конференции, приуроченной к 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А., Саратов, 27–28 мая 2020 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2020. – С. 56-58.

3. Иванова, Е. Н. Совершенствование технологии композитных материалов в строительстве ирригационных каналов / Е. Н. Иванова, В. В. Масюк, В. И. Орехова // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 04–05 февраля 2021 года. Том 2. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 65-68.

**УДК 691**

***Кислинская Ю.В., Дмитриенко М.В.***

***Научный руководитель: Амелин П.А., асс.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ КОРРОЗИИ**

В настоящий момент проблема уменьшения срока службы эксплуатируемых конструкций зданий и сооружений является одной из ведущих в научных исследованиях и анализе. Множеству строительных объектов в значительной степени необходим экстренный ремонт, некоторые вовсе становятся не пригодны для использования, не выработав нормативного срока службы [1].

По продолжительности нахождения в работоспособном статусе несущих конструкций можно определить основной срок службы не только простых сооружений, но и более усложненных зданий. Так же данный факт можно установить с помощью проверки физического износа, который помогает выявить наличие недоброжелательных факторов, к которым могут относиться [2, 3]:

- ошибки проектирования;



- использование материалов низкого качества;
- производственный брак или брак, полученный в ходе перевозки, установки или эксплуатации;
- непредвиденные обстоятельства;
- влияние природных ресурсов.

Снижение ресурса силового сопротивления несущих строительных конструкций может происходить на всех этапах жизненного цикла до наступления отказа по предельным состояниям при эксплуатации [4].

Самыми частыми типами разрушения изгибаемых железобетонных конструкций считают коррозионные нарушения цементного бетона и стальной арматуры, которые вызваны возникновением в конструкциях разнообразных отягчающих химических изменений, которые в свою очередь вызваны активным и долговременным воздействием окружающей среды (рис 1). Процессы способны проходить как вместе, так и самостоятельно. На степень коррозии бетона могут влиять плотность, уровень и знак напряженного состояния, свойства цементного вяжущего и уровень агрессивности среды. Зависимость от состояния среды является способом изменения деформативных и прочностных характеристик. А глубинный показатель – глубина нейтрализации композитного материала, рассматривается как численная оценка коррозионного процесса [1].



Рис. 1 Коррозионные повреждения цементного бетона и стальной арматуры

Опираясь на вышеприведённое, можно считать, что анализ фактических случаев разрушительного воздействия и ослабления защиты эксплуатируемых железобетонных конструкций, связанных с коррозией, приобретают огромную пользу. Именно изучение реальных

повреждений железобетонных изгибаемых элементов и их причин дает возможность сделать наиболее достоверные выводы, что способствует грамотному проектированию и возведению зданий и сооружений.

Основная цель данной статьи: на основании экспертных отчетов и рекомендаций по защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций выявить особенности защиты железобетонных изгибаемых элементов от коррозии.

Основные отрицательные коррозионные влияния на используемые железобетонные конструкции:

- коррозия стальной арматуры;
- трещины, которые возникают при развитии коррозии;
- ослабление и отслоение внешней оболочки бетона;
- коррозия фильтрационного выщелачивания;
- выветривание бетона.

Разрушение арматуры и бетона проходят по отдельности в очень редких случаях [5].

Основной причиной появления коррозии в железобетонных элементах считают уровень и долговременность отрицательного воздействия среды. Имеющиеся недостатки изгибаемых железобетонных конструкций аналогично повышают риск возникновения коррозии. Для борьбы с ней следует увеличить контроль качества при выпуске конструкций и их монтаже, установке.

Способы защиты бетона и железобетона от коррозионных повреждений (рис. 2):

– первичная: защита от коррозионных повреждений на этапе выпуска элементов с помощью характеристик бетона, добавление примесей, которые улучшают прочностные характеристики конструкций;

– вторичная: защита от коррозионных повреждений, проводимая после выпуска и установки элементов. Она заключается в обмазочной, металлической и иных изоляциях, так же других способах, позволяющих уменьшить взаимодействия конструкций с средой.

Вторичную защиту используют, когда первичной становится недостаточно для полной уверенности отсутствия возникновения коррозии, она является временной и требует обновлений. Антикоррозийные покрытия можно применять везде, где необходимо для бетона. Они зависят от качества и характера воздействия среды.

Конечное решение о виде защиты и материалах для защиты от коррозии железобетонных изгибаемых элементов следует принимать на основе технико-экономических показателей различных вариантов технических решений. При технико-экономических расчетах защитных

мероприятий должны быть учтены капиталовложения, средняя годовая стоимость защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций и стоимость ее периодического восстановления, а также значение вынужденных потерь, вызываемых необходимостью перерыва производственного процесса на время восстановления защиты от коррозии [6].

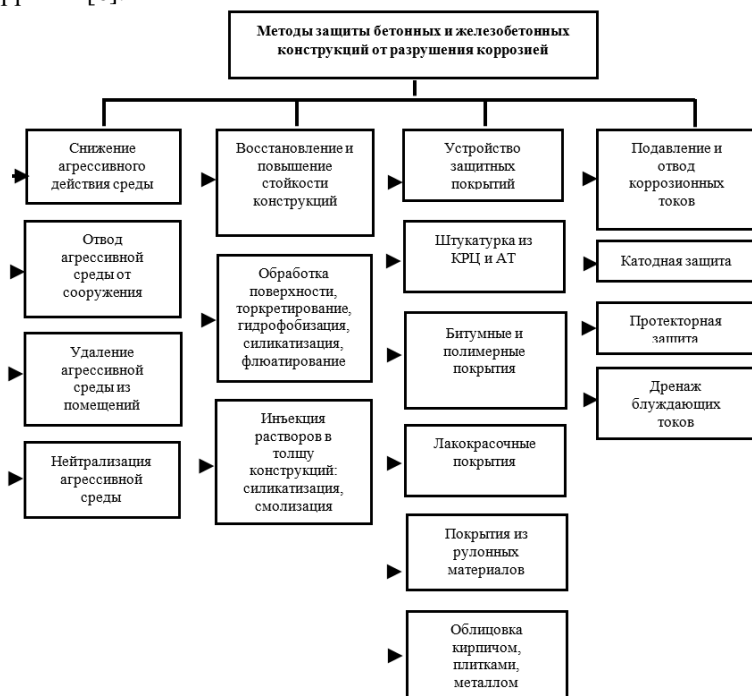


Рис. 2 Методы защиты бетонных и железобетонных конструкций от разрушения коррозией

К воздействию коррозии следует относиться с особым вниманием. Ведь этот процесс является очень сложным и опасным для железобетонных изгибаемых элементов. Если своевременно не воспользоваться способами защиты от коррозионных воздействий, то со временем любое здание или сооружение подвергнется разрушению. К счастью, на сегодняшний день существует большое количество систем защитных материалов, препятствующих этому процессу и предлагающих ряд способов эффективного решения задач, стоящих перед строителями и эксплуатирующими здания и сооружения организациями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Римшин В.И. Композитное усиление железобетонных изгибаемых элементов, поврежденных под воздействием хлоридной агрессивной среды / В. И. Римшин, Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Н. В. Фролов // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 1(20). – С. 29-34.
2. Сулейманова, Л. А., Амелин П. А. Развитие процессов коррозии железобетона в условиях хлоридной агрессивной среды // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2022. – С. 131-135.
3. Амелин, П. А. Процессы коррозии железобетонных элементов, находящихся в жидкой среде // Международный студенческий строительный форум-2017. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2017. – С. 20-25.
4. Жуков, Е.М. Коррозия железобетонных конструкций и причины ее возникновения // Молодой ученый. – 2016. № 7. – С. 78-80.
5. Смоляго, Г.А. Анализ коррозионных повреждений эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 1. – С. 52-57.
6. В.А. Олимпиев. Рекомендации по защите от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций водоподготовительной установки – Челябинск: Уралтехэнерго, 1982. – 120 с.

*УДК 69.05.7*

*Кодачегова Н.А.*

*Научный руководитель: Ворона-Сливинская Л.Г., д-р экон. наук, проф.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕНОВАЦИИ МАССОВОГО ЖИЛЬЯ С МИНИМАЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Реконструкция и реновация массового жилья – задача, стоящая перед многими городами мира. В привычном понимании под

реновацией подразумевается обновление жилищного фонда (здания) путем его частичного или полного сноса и капитального жилищного строительства на высвобожденной территории [1]. Снос существующего жилья и последующее строительство существенно увеличивают объем выбросов углекислого газа. ~3,5 млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента выбросов попадет в атмосферу в связи со сносом каждой 1000 существующих домов с последующим строительством новых домов той же площади [2]. В результате возникает потребность в создании и применении технологических решений, способных обеспечить реновацию массового жилья без сноса с минимальным негативным воздействием на окружающую среду.

Технологические решения с экологичным подходом ориентированы на сохранение экологического равновесия, уменьшение отрицательного воздействия на экосистему, поддержание биологического разнообразия, а также эффективное использование доступных ресурсов, необходимых для нужд жителей [4]. К таким решениям можно отнести: применение углеродно нейтральных материалов и технологий, внедрение энергосберегающих технологий, использование возобновляемых источников энергии и другие.

Использование низкоуглеродных материалов и технологий может позволить значительно минимизировать объем выбросов CO<sub>2</sub> при реализации строительных работ. К материалам с низким уровнем выбросов углерода относится поперечно-ламинированная древесина (CLT), или же клееный брус. При производстве CLT используются доски или куски древесины, применение которых не подходит для других строительных материалов из древесины, и не используются опасные химические вещества. Применение CLT при реконструкции улучшает теплоизоляцию, что позволяет снизить расход энергии при отоплении здания.

Одним из решений, используемых при реконструкции существующих зданий, является применение «сухих» строительных технологий. Система «сухого» строительства основана на производстве готовых к монтажу сборных строительных изделий, поступающих на стройплощадку после контроля и сертификации, и их механической сборке на легкой и прочной конструкции из стальных, деревянных или железобетонных элементов. Применение данных систем позволяет снизить углеродный след, сократить сроки строительства и улучшить тепловые характеристики здания. Примером применения «сухих» строительных технологий служит Социальное жилье Rive-de-Gier, Франция, Tectoniques Architects (рис.1).



Рис. 1 Социальное жилье Rive-de-Gier, Франция, Tectoniques Architects

Сборные конструкции также являются низкоуглеродными, поскольку их применение при реконструкции позволяет снизить количество отходов, обеспечить возможность повторного использования, сократить продолжительность и трудозатраты во время работ.

Для снижения выбросов CO<sub>2</sub> и других вредных веществ помимо применения вышеперечисленных технологий и материалов важно использовать строительную технику, работающую на электроэнергии. Дополнительным преимуществом применения электромашин является сокращение шумового загрязнения на строительной площадке особенно при реновации массовой застройки без отселения жильцов.

В процессе реновации при использовании углеродно нейтральных технологий и материалов также образуются строительные отходы, как и в процессе традиционной реновации. Тем временем, в стране наблюдается проблема с полигонами, на которых размещаются бытовые и строительные отходы, а в частности в Ленинградской области есть только 2 мусороперерабатывающих завода [3]. Поэтому важно сократить количество отходов при строительстве и ремонте зданий в ходе реновации, организовав эффективную систему управления отходами и повторное использование элементов зданий.

Внедрение энергосберегающих пассивных и умных технологий является одним из наиболее эффективных способов сокращения потребления энергии при эксплуатации зданий и соответственно снижения выбросов углерода в атмосферу.

Пассивные технологии включают в себя использование природного освещения, утепления зданий, применение специальных

материалов и конструкций, обеспечивающих защиту от перепадов температуры и шума, а также вентиляцию, которая обеспечивает естественную циркуляцию воздуха в помещении.

К теплоизолирующим конструкциям относится двойной фасад. Создание климатического буфера позволяет сформировать промежуточную температурную зону, обеспечивающую пассивное регулирование микроклимата. Здание не перегревается в жаркий период, а в зимний дольше удерживает тепло. Примером применения конструкции двойного фасада служит Реновация многоквартирного жилого дома, Франция, Lacaton & Vassal (рис.2).



Рис. 2 Реновация многоквартирного жилого дома, Франция, Lacaton & Vassa

Умные технологии включают в себя использование систем управления отоплением, кондиционированием и освещением, которые автоматически управляются с помощью датчиков, расположенных на фасадах зданий и реагирующих на температуру, датчиков движения, а также информации о времени суток и занятости помещения [5].

Зеленые крыши могут также считаться энергосберегающей технологией, так как они обеспечивают естественную терморегуляцию здания, снижая напряжение на системы кондиционирования воздуха в жаркое время года. Эти крыши также являются уникальными экосистемами, которые могут способствовать местной биоразнообразности и экологической устойчивости.

Зеленые крыши на зданиях помогают снижать температуру, поглощают воду и снижают количество стоков, улучшают качество воздуха и уменьшают количество выбросов углерода. Они формируют защитный слой на крышах зданий от солнечных лучей, которые дополнительно нагревают воздух вокруг здания. Зеленые крыши также

могут служить компенсацией отсутствия зеленых зон в городских районах и благоприятно влиять на психологическое состояние людей.

Применение технологий, эффективно использующих доступные ресурсы и возобновляемые источники энергии, также приводит к сокращению негативного воздействия на окружающую среду. Так, благодаря установке фотоэлектрических солнечных панелей на крышах, размещению микро-ветрогенераторов на фасадах зданий и прилегающих территориях жители получают бесплатный и чистый источник электроэнергии. Солнечные панели позволяют снизить нагрузку на городские системы энергоснабжения, а также обеспечивают резервные мощности при возникновении аварийных ситуаций. Пример применения солнечных батарей на крышах таунхаусов в Германии (рис.3).



Рис. 3 Солнечные батареи на крышах таунхаусов, Германия

Дополнительно снизить объем используемой энергии возможно благодаря применению солнечных коллекторов — накопительных систем, позволяющих преобразовать энергию солнца в тепловую. Вода в таких коллекторах нагревается под воздействием солнечных лучей и используется для отопления или горячего водоснабжения.

Сбор, очистка и использование дождевой воды позволит удовлетворить потребности горожан в пресной воде, снизить нагрузку на центральные системы водоснабжения и канализации и замедлить образование водных потоков в периоды интенсивных осадков.

В идеале, сбор дождевой воды следует интегрировать в системы сброса стоков и системы орошения, так чтобы максимально сократить потери воды. Примером может служить система сбора дождевой воды на крыше здания, используемая для полива газонов и садов на прилегающих территориях.



Также при реновации жилой застройки важно восстановление экологического баланса на прилегающих территориях и адаптация к негативным последствиям изменения климата. Для этих целей применяется сохранение, восстановление и создание новых зеленых насаждений, создание сети биодренажных канав, озеленение фасадов здания и т.д.

Реновация массового жилья с целью создания экологически устойчивого и эффективного жилья – это комплексный процесс, требующий более тесного взаимодействия государства, местных органов управления, архитекторов, энергетиков и строителей. Однако, с помощью технологических инноваций и решений в области энергоэффективности и использования обновляемых источников энергии, эту миссию можно успешно выполнить. Решения, которые были рассмотрены, имеют большой потенциал для возмещения затрат, принося значительный экономический эффект как жильцам здания, так и компаниям и организациям, занимающимся их строительством и эксплуатацией.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Юдина А. Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования – 2-е изд., стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.

2. Langston, C.; Chan, E.H.W.; Yung, E.H.K. Hybrid Input-Output Analysis of Embodied Carbon and Construction Cost Differences between New-Build and Refurbished Projects. Sustainability 2018, 10, 3229. <https://doi.org/10.3390/su10093229>

3. Risk-oriented approach to ensuring environmental safety of the devastated territories for urban development. Voskresenskaya E., Vorona-Slivinskaya L., Ponomareva T. В сборнике: Matec Web of conferences. 2018. С. 01028.

4. Реновация в соответствии с принципами ESG [Электронный ресурс] // КБ Стрелка — Режим доступа: <https://esg-renovation.strelka-kb.com/> (дата обращения: 13.05.2023).

5. Казаков Ю. Н. Технология реконструкции зданий: монография / Ю. Н. Казаков, Ф. – Адам. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 120 с.

## **СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В МЕСТНЫХ ОТСОСАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ**

В данной работе кратко рассмотрены применяемые методы расчета для местных отсосов открытого типа, критерии их эффективности и способы уменьшения сопротивления.

Местные отсосы устраивают для улавливания производственных вредных выделений у мест их образования. Предотвращая распространения вредных выделений по помещению, местные отсосы удаляют их при наименьшем расходе вентиляционного воздуха. В практике проектирования в качестве местных отсосов применяют вытяжные зонты. Вытяжные зонты служат для улавливания потоков вредных выделений, направленных вверх [1].

На эффективность улавливания вредных выделений и на энергоёмкость системы влияют значительные потери давления в сети и входе в фасонных деталях. Потери давления характеризуются местными сопротивлениям, Местным сопротивлением называется аэродинамическое сопротивление, сосредоточенное в одном месте на коротком участке воздуховода. В местных сопротивлениях всегда происходит перестройка поля скоростей и образование на границах потоков вихрей (вихревая зона – далее ВЗ). Перестройка поля скоростей и поддержание вращения вихрей требует затраты энергию. Таким, образом, течение воздуха через местные сопротивления всегда сопровождается потерями давления [2].

Теоретическим определением величин местных сопротивлений и потерь давления занимаются давно. Аналитически решенных случаев в настоящее время не велико, в работах [2, 3, 4] и т.д. изложены методы определения вихревых зон и их коэффициенты местных сопротивлений, где результаты, приближенные к реалиям.

В основу расчета производительности местных отсосов положено уравнение воздушного баланса [6]. Широкое применение в промышленной вентиляции местных отсосов - раструбов (всасывающих зонтов) обусловило значительный интерес в изучении течений вблизи них. Наилучшее согласование с опытными данными демонстрируют результаты, полученные с учетом отрыва потока с острых кромок

отсосов. С использованием методов теории функций комплексного переменного (метод Н.Е.Жуковского) [7, 8].

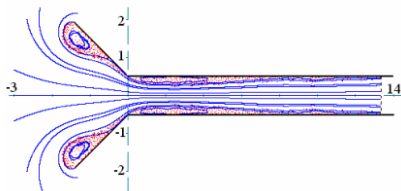


Рис. 1 Линии тока и вихревая структура течения на входе в щелевой отсос-раструб с углом раскрытия  $45^\circ$  и длиной в 4 калибра

Расчёт отсоса-раструба с использованием численного метода сингулярных интегральных уравнений, называемой в инженерной практике методом дискретных вихрей (далее - МДВ) произведен в работах [6-8]. С острых кромок раструба происходил срыв свободных вихрей, с течением времени вихревая область течения увеличивалась. Затем течение стабилизировалось (рисунок 1), после чего определялись размеры вихревых областей в заданный момент времени.

В исследованиях [3, 9] доказано, что определение ВЗ методом дискретных вихрей ближе к экспериментальной картине, по сравнению определенной с помощью методом CFD.

В работах [3, 10, 11, 13] снижение аэродинамического сопротивления фасонных элементов систем механической вентиляции достигается с помощью скругления их острых кромок (профилирование), где по очертаниям вихревых зон (Рисунок 2) определяется размер профилированной области.

Поскольку, профилирование, скругление, направляющие лопатки и т.п. приводят к удорожанию в конструктивном исполнении, вопрос совершенствования местных отсосов сниженных энергоемкости до сих пор актуален. Предлагается разработать конструкцию отсоса-раструба, которая за счет образования двух изломов уменьшит размеры вихревых зон. (рис. 3)

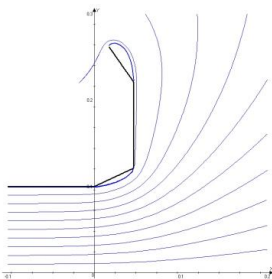


Рис. 2 Отсос-раструб с двумя изломами на входе с визуализацией линий тока

Для данного была разработана экспериментальная установка, для проверки очертания вихревых зон, образующихся при срыве потока с острой входной кромки, полученных методом дискретных вихрей. Ее общий вид представлен на рис. 3. Установка позволяет визуализировать границы вихревых зон на входе в местный отсос и оценить их геометрические размеры, так же определить местные сопротивления.



Рис. 3 Экспериментальная установка:

1 - вентилятор каналный, 2 – камера статического давления, 3 – воздуховод, 4 – имитация местного отсоса

В дальнейшем представляет интерес провести более подробное сравнение МДВ с методом CFD, так же провести натурные эксперименты, исследовать в местных отсосах способы снижения потерь давления и энергоемкости систем механической вентиляции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Н. Богословский, И.А. Шепелев, В.М. Эльтерман и др. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирования воздуха. - Часть 2 изд. - Москва: Стройиздат, 1978. - 509 с.

2. Логачев И.Н. Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации / И.Н. Логачев, К.И. Логачев. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. — 659 с.

3. Зиганшин А.М. Совершенствование методов расчета и конструирования механических систем вентиляции сниженной энергоемкости: дис. докт. техн. наук: 05.23.03 / Зиганшин Арслан Маликович; ФГБОУ ВО "БГТУ им. В.Г. Шухова". — Белгород, 2020. — 420 с.

4. Логачев, К.И. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы методом дискретных вихрей / К.И. Логачев, А.И. Пузанок, В.Н. Посохин // Изв. ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 7-8. – С.61-69.

5. Идельчик, И. Е. Аэродинамика промышленных аппаратов (подвод, отвод и равномерная раздача потока) / И. Е. Идельчик. — Москва: Изд. "Энергия", 1964. — 288 с.

6. Логачев, К. И. Аэродинамические основы аспирации / К. И. Логачев, И. Н. Логачев. — Монография. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. — 658 с.

7. Логачев И.Н. Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации / И.Н. Логачев, К.И. Логачев. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. — 659 с.

8. Логачев, К.И. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы методом дискретных вихрей / К.И. Логачев, А.И. Пузанок, В.Н. Посохин // Изв. ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 7-8. – С.61-69.

9. Логачев А.К. Совершенствование методов расчёта местных вентиляционных отсосов открытого типа: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / Логачев Артур Константинович ; БГТУ им. В.Г. Шухова. — Белгород, 2018. — 231 с.

10. Тирон, О. В. Численное моделирование пылевоздушного потока в пылеулавливающей насадке при сверлении плоских поверхностей / О. В. Тирон, И. Н. Логачев, К. И. Логачев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 3(18). – С. 37-48. – DOI 10.36622/VSTU.2021.18.3.004.

11. Гольцов А.Б., Логачёв К.И., Овсянников Ю.Г., Киреев В.М. Численное моделирование воздушных течений в загрузочном желобе аспирационного укрытия с многоступенчатым рециркуляционным воздушным затвором. Новые огнеупоры. 2020;(12):61-68. <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2020-12-61-68>

13. Беляева Е.Э. Повышение энергоэффективности вентиляции: профилирование фасонных деталей, новая методика расчета

**УДК 693.977**

**Комаров М.В.**

**Научный руководитель: Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ, РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ**

На долю реновации, ремонта и технического обслуживания зданий приходится до 40 % всех расходов в сфере строительства. Основное домостроение в России происходило 30-50 лет назад. Большая часть эксплуатируемых зданий (и особенно жилых домов) была построена еще до внедрения современных нормативных требований по теплозащите, поэтому максимальных результатов по энергосбережению и комфорту возможно достигнуть за счет реновации и реконструкции [3, 4], а не путем строительства новых зданий.

Дома, исчерпавшие свой физический ресурс всего на треть, имеют прочные стены, но устаревшие, обветшавшие фасады. Каркасные системы из стальных конструкций [2, 7] помогают вдохнуть в здания новую жизнь.

К ключевым решениям при реновации, реконструкции и модернизации существующих зданий относятся:

- повышение теплоизоляции и предотвращение обветшания наружных кирпичных стен многоэтажных жилых домов за счет установки новой фасадной системы на существующие стены [7];

- повышение теплоизоляции и воздухопроницаемости стен промышленных зданий за счет установки новой или замены старой фасадной системы на стенах;

- возведение надстроек и реконструкция зданий с применением модульных стальных конструкций [5], включая возведение новых перекрытий и крыш;

- замена деревянных крыш в жилых домах на совмещенные крыши из стальных конструкций [5];

- экономическая оценка результатов улучшения зданий и повышения энергоэффективности с учетом стоимости строительно-монтажных работ.

Металлокаркасная технология для реконструкции позволяет решить задачи по обновлению внешнего вида фасада, укреплению несущих стен, замене кровельного каркаса, ремонту межэтажных перекрытий, надстройке дополнительных этажей, расширению полезной площади здания.

Установка новой фасадной системы непосредственно на старый фасад [1] отличается от «замены фасадной системы», при которой, как следует из названия, предусматривается замена старого фасада на новую фасадную систему. Установка новой фасадной системы на старый фасад здания обеспечивает такие преимущества, как снижение теплопотерь через фасад здания и обеспечение соответствия современным нормам теплоизоляции, улучшение внешнего вида здания, защита старого фасада здания, включая предотвращение протечки воды, минимальный дискомфорт для жильцов во время реновации.

Обновление внешнего вида фасада выполняется с целью скрыть нуждающиеся в нерентабельном ремонте стены, а также чтобы сделать старое здание более современным и соответствующим местной архитектуре [6].

Как правило, новая фасадная система предполагает установку дополнительного каркаса [1], который крепится либо непосредственно к старому фасаду, либо, что предпочтительнее, к плитам перекрытия или несущим элементам конструкции здания. Это лучше, чем крепить каркас новой фасадной системы к потенциально слабому старому фасаду. По высоте модули каркаса берутся из расчета высоты этажа здания и при установке на здание производится необходимая подгонка по месту с учетом неровностей существующего фасада. Впоследствии каркас из металлических профилей отделяется современными облицовочными материалами (панелями, стеклом).

Укрепление несущих стен с помощью металлических конструкций применяется для того, чтобы продлить срок службы каких-либо важных зданий [2, 3, 4]. Подобные работы выполняются по аналогии с обновлением внешнего вида фасада. Дополнительно осуществляется усиление фундамента и привязка металлокаркаса к несущим стенам реконструируемого здания.

Обычно работы по реновации здания проводятся комплексно и одновременно с установкой новой фасадной системы на старый фасад здания производится реконструкция крыши [5].

Замена каркаса является отличным способом «спасти» имеющееся здание с обветшалой крышей. Чаще всего причинами реконструкции крыш являются плохие эксплуатационные характеристики

существующей крыши (например, протечки воды) или желание использовать пространство под крышей под коммунальное хозяйство, технический этаж или новые квартиры. На месте старой крыши устанавливается сборная металлоконструкция, при этом укрывать стальной стропильный каркас можно любым доступным кровельным материалом.

При реконструкции крыши могут применяться легкие стальные каркасы в следующих вариантах [5]:

- часто расположенные стропильные фермы между наружными стенами;
- редко расположенные стропильные фермы между наружными стенами и прогоны, опирающиеся непосредственно на них;
- порталные рамы или другие устойчивые системы, опирающиеся на колонны по периметру;
- легкие стальные конструкции, поддерживаемые опорными стальными балками, опирающимися на отдельные колонны внизу.

Реконструкция позволяет увеличить допустимые нагрузки на перекрытия верхних этажей, а также обеспечить надлежащую безопасность эксплуатации здания.

Фермы могут быть простыми скатными или мансардными, дающими больше полезного пространства. Для возведения надстроек на здании чаще всего применяют легкие стальные конструкции, опирающиеся на стальные балки, перекрывающие существующую плоскую или малоуклонную крышу.

Надстройки на зданиях можно легко возводить при помощи модульных или «объемных» систем [2]. Эти системы являются самонесущими по вертикали, но поддерживаются существующей конструкцией по бокам. Как правило, модули этих систем имеют ширину до 3,6 м, поэтому легко перевозятся без специального сопровождения и также легко поднимаются на здания. Облицовку на модули можно устанавливать заранее или на месте, также надстройка утепляется и обрабатывается специальными составами для обеспечения огнестойкости при пожаре.

Выгода этого способа состоит преимущественно в том, что надстроенные этажи могут собираться в стесненных условиях города без привлечения тяжелой техники и имеют незначительный вес. Собственный вес перекрытия составляет 100-120 кг/м<sup>2</sup>, то есть обеспечивает резерв по нагрузке около 300 кг/м<sup>2</sup>. Учитывая, что вес стен одного этажа надстройки также снижен с 1 т до 130–200 кг в зависимости от типа и толщины утеплителя, применение данной



системы позволяет увеличить в среднем в 2 раза этажность надстроек по сравнению с традиционными конструкциями.

Расширить площадь здания возможно путем монтажа дополнительных пристроек на одном уровне с имеющимся первым этажом. При этом не требуется какая-либо физическая привязка к имеющейся постройке, а также не нужно расширять капитальный фундамент.

С помощью стальных каркасов делаются мансарды, террасы, балконы, лестничные клетки, шахты для лифтов и прочие элементы зданий.

Таким образом, выделяются главные достоинства реновации, реконструкции и модернизации зданий с помощью металлических конструкций:

1. Небольшой удельный вес. На реконструируемое здание не возлагается чрезмерная дополнительная нагрузка, требующая усиления несущих стен и фундамента. В связи с чем общестроительные работы проводятся в условиях плотной городской застройки без применения башенных кранов.

2. Низкая себестоимость материалов. Стальные оцинкованные профили, применяемые для сборки несущих металлокаркасов, стоят значительно дешевле, чем традиционные материалы (кирпич, бетон). Низкая цена готовой реконструкции складывается за счет меньших затрат на сборку каркаса и облицовочные работы.

3. Всесезонность технологии. В отличие от процесса формирования монолита, кладки блоков, оштукатуривания - сборку и обшивку металлокаркаса можно беспрепятственно выполнять при любой погоде и в любое время года. На рабочий процесс не оказывает влияние избыточная влажность, температура или снег.

4. Применяемые материалы отличаются экологичностью, подвергаются вторичной переработке.

5. Увеличение сопротивления стен теплопередаче. Высокие показатели сбережения тепла исключают необходимость увеличения нагрузки на городские тепловые сети.

6. Вентилируемые фасады зданий не скапливают лишнюю влагу, не создают условий для распространения грибка и плесени.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лоусон, Р.М. Установка новых фасадных систем на старые фасады зданий с применением легких стальных конструкций / Р.М.

Лоусон, Р. Педрески, И. Фалькенфлет, С.О. Попо-Ола. – Институт стальных конструкций, 1999. – 247 с.

2. Металлические конструкции. Том 3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений (справочник проектировщика) / Под редакцией Кузнецова В.В. – М.: изд-во АСВ, 1999 – 528 с.

3. Реконструкция зданий и сооружений / Под редакцией проф. Шагина А.Л. – Москва: «Высшая школа», 1991 – 352 с.

4. Реновация зданий с применением стальных конструкций (Robust). – Люксембург: Бюро публикаций Европейского союза, 2013. – 124 с.

5. Хиллер, М. Установка новой крыши на старую с применением легких стальных конструкций / М. Хиллер, Р.М. Лоусон, М. Горголевский. – Институт стальных конструкций, 1999. – 246 с.

6. Шевченко, В.Э. Основные преимущества навесных вентилируемых фасадных систем // В.Э. Шевченко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых: сборник трудов конф.– Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020.– С. 2340-2345.

7. Шевченко, В.Э. Устройство вентилируемых фасадов современных зданий / В.Э. Шевченко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых: сборник трудов конф.– Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020.– С. 2332-2339.

#### **УДК 69**

*Кочерженко А.А., Андреева Д.А.*

*Научный руководитель: Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ**

На кафедре СиГХ в БГТУ им. В.Г. Шухова в 2020 году был разработан виброэлектровкумированный способ возведения буронабивной свай-оболочки. На способ получен патент на изобретение [1]. Сущность запатентованного способа заключается в том, что для обеспечения устойчивости уложенной бетонной смеси между стенкой скважины и формообразователем (сердечником) при его подъеме, необходимо чтобы прочность бетонной смеси достигала распалубочной прочности, т.е. 0,3 – 0,5 мПа. Согласно [2, 3, 4, 5] на 1 см слоя бетона

вакуумирования при степени разряжения не менее 70 кПа, составляет 1 мин.

Одним из потенциальных методов уплотнения твердеющего бетона является электрическое обезвоживание, основанное на движении воды в бетоне под воздействием постоянного тока [6, 7, 8, 9]. Применение электроосмоса позволяет удалить до 13 % воды из бетона и увеличить его прочность на 35 %.

Совместное использование вакуумирования и электроосмоса при возведении набивных свай-оболочек позволяет достичь прочности бетона 0,5 – 0,6 МПа.

Однако вышеприведённый способ возможно применить только в устойчивых грунтах: глины, суглинки твердой и полутвердой консистенции, плотные пески и др. Возведение буронабивных свай-оболочек в неустойчивых грунтах (рыхлые пески, текучие и текучепластичные глины и суглинки и др.) требует применение мероприятий обеспечивающих устойчивость стенок скважины. Такими мероприятиями являются: применение обсадной стальной трубы при бурении скважины или заполнение скважины глинистым раствором.

Задачей способа возведения буронабивной сваи-оболочки в неустойчивых грунтах с использованием виброэлектровакуумирования является определение скорости подъема сердечника-формообразователя, от которого зависит время обработки свежешелюженной бетонной смеси в оболочке сваи. Обработанная бетонная оболочка сваи должна выдерживать горизонтальное давление неустойчивого грунта. Технологическая схема возведения такой сваи-оболочки приведена на рис. 1.

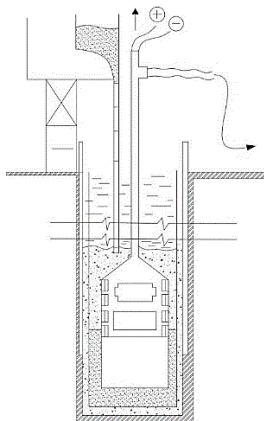


Рис. 1 Технологическая схема возведение буронабивной сваи-оболочки в неустойчивых грунтах

При расчете бетонной тонкостенной оболочки были приняты следующие исходные предпосылки:

- грунт окружающий скважину неустойчивый и не меняет своего свойства и состояния по периметру скважины;
- давление грунта – активность направлена по периметру;
- виброэлектровакуумирование бетонной смеси из расчета 1 мин на 1 см толщины оболочки позволяет достичь прочности 0,3 – 0,5 МПа.

Для проверки устойчивости бетонной оболочки от активного горизонтального давления неустойчивостью грунта принят метод кольцевых сечений, расчетная схема которого приведена на рис. 2.

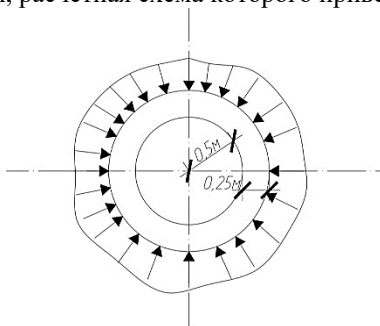


Рис. 2 Расчетная схема определения устойчивости бетонной смеси оболочки свай от активного давления неустойчивого грунта

Интенсивность активного давления грунта:

$$P_a = \gamma H t g^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \text{ где } H = 10,0 \text{ м, } \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3 \quad (1)$$

Согласно [10] сила в кольце определяется из выражения:

$$N = -0,9 P_a R \quad (2)$$

В качестве неустойчивого грунта принята текучепластичная глина с показателем консистенции  $0,7 < I_L < 1$  и с углом внутреннего трения  $\varphi = 15^\circ$  и  $C = 0$ , тогда  $N = 0,752 \text{ т}$ .

Учитывая, что виброэлектровакуумирование бетонной смеси из расчета 1 мин на 1 см толщины оболочки позволяет достичь прочности бетонной смеси 0,3 – 0,5 МПа, можно сделать вывод, что устойчивость бетонной смеси при активном давлении текучепластичной глины обеспечена, т.к.  $0,752 \text{ т} < 3,0 \text{ т}$ .

Исходя из времени обработки бетонной смеси 1 мин на 1 см толщины оболочки, при толщине оболочки 25 см и при глубине свай оболочки 10,0 м, время формирования свай-оболочки составляет 250 мин или 4,2 часа. При этом по сравнению с полнотелой буронабивной свай расход бетона сокращается на 25 % и более.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В и др. Патент на изобретение РФ № 2739531 МПК E02D 5/38. Способ возведения набивной сваи-оболочки. Опубл. 25.12.2020 Бюл №36.
2. Методические рекомендации по устройству бетонных конструкций методом вакуумирования бетонной смеси. – М.; Стройиздат, 1984.
3. Гиршберг О.А. Вакуумирование бетона в монолитных конструкциях. М.: Стройиздат, 1952.
4. Гордон С.С. Вакуумирование бетона. М.: Машинстройиздат, 1949.
5. Кочерженко В.В., Никулин А.И. Технологические процессы в строительстве: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 288 с.
6. Бирюков А.И. Исследование влияния частоты электрического поля на твердение вяжущих / А.И. Бирюков, Арк. Н.
7. Тихомолова К.П. Электроосмос. М.: Ленинград «Химия» Ленинградское отделение, 1989.
8. Вершинин Ю.Н. О влиянии переходных электрических полей на процессы кристаллизационного структурообразования в водных перенасыщенных растворах / Ю.Н. Вершинин // Кристаллизация и фазовые переходы: сб. – Минск: Акад. наук БССР, 1962. – с. 133-141.
9. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитных бетонов. – М.: Стройиздат, 1989. – с. 336.
10. Ивахнюк В.А. Строительство и проектирование подземных и заглубленных сооружений. – М.: Изд-во АВС, 1999. – с. 298.

**УДК 691.32**

***Крутикова М.А.***

***Научный руководитель: Дураченко А.В., ст. преп.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОБЕТОНОВ ПРИ СОЗДАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Строительство мостов, тоннелей, железных дорог является одним из наиболее важных элементов дорожно-транспортной инфраструктуры современного государства. От степени развития дорожной сети напрямую зависят экономическое процветание и обороноспособность

страны. В условиях массового строительства и реконструкции дорожных сооружений на первый план выходят проблемы обеспечения качества работ, сокращение сроков строительства, увеличение продолжительности межремонтных периодов. Одним из путей решения этих проблем является разработка и внедрение новых технологий и новых материалов [1].

В России при строительстве искусственных сооружений широкое применение приобрел фибробетон. С использованием фибробетона были построены такие объекты строительства, как покрытие моста Александра Невского, взлетная полоса аэропорта «Пулково» в Санкт-Петербурге, участок автодороги Барнаул-Бийск, фрагмент автодороги Москва-Лобня, ремонт деформационных швов Русаковской эстакады в Москве, дорожное покрытие моста через реку Пахра, дорожное полотно на участках скрытого ригеля автодорожной эстакады Москва-Сити Третьего транспортного кольца (рис. 1). В последнем случае участки слоя из сверхпрочного фибробетона производства Holcim были выполнены на крайних полосах движения внутренней и внешней сторон опоры № 1 автодорожной эстакады «Москва-Сити» на Третьем транспортном кольце. Благодаря уникальной скорости набора прочности материалом, движение по ремонтируемым полосам было открыто уже на вторые сутки после завершения укладки [2].



Рис. 1 Строительство эстакады ТТК у Москва-Сити

В качестве примера использование фибробетона в тоннелестроении можно привести зарубежные проекты: ремонт знаменитого тоннеля под Темзой в Лондоне, построенного Марком Брюнелем в 1843 году; строительство Трансальпийского тоннеля в

Швейцарии; строительство Лаэрдальского автодорожного тоннеля в Норвегии; строительство автодорожного тоннеля Халсной в западной части Норвегии [3].

Что же за материал такой фибробетон? И как его получают? Чтобы понять, что такое фибробетон, стоит немного углубиться в историю. Впервые материал представили в 1907 году: русский ученый В.П. Некрасов в своих статьях рассказал про исследования производства композитного материала, упрочненного отрезками тонкой проволоки.

Раньше строители добавляли в раствор различные дисперсные волокна и распределяли их в массе равномерно. Это приводило к уменьшению количества трещин, повышению стойкости бетона к воздействию внешних факторов и физическим нагрузкам, увеличению показателей прочности в среднем на 30%, что в целом позволяло улучшить свойства бетона [4].

Сегодня производство фибробетона осуществляется в промышленных масштабах, все технологии протестированы и усовершенствованы, можно заранее просчитать характеристики материала по его параметрам. В производстве используют два типа фибры, которые представлены ниже на рис. 2.

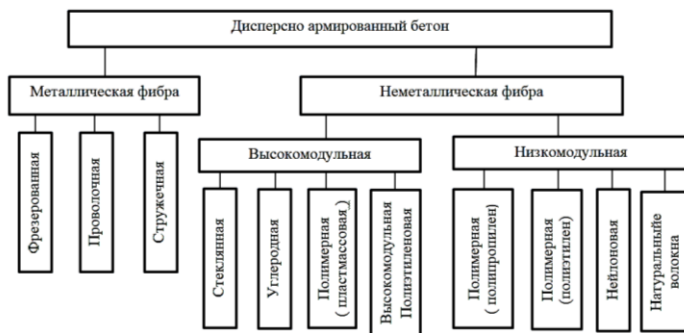


Рис. 2 Схема классификации ДАБ по типу армирующих волокон

В настоящее время налажено отечественное массовое производство стальной фибры, резанной из тонкой листовой стали и фрезерованной из слябов (в Москве, Магнитогорске и Челябинске). Для изготовления фибры могут быть также использованы выработавшие технический ресурс или некондиционные, специально очищаемые, канаты диаметром проволок от 0,2 мм до 1,0 мм. Фибра, фрезерованная из сляба, стали марок СтЗ ПС, СтЗ СП производится в Санкт-Петербурге, Челябинске и Кургане. Эта фибра имеет форму

трапециевидного сечения шириной до 3 мм, толщиной до 0,2-0,6 мм и длиной до 25-32 мм. Прочность фибры 600-900 МПа. Другой вариант фибры – резанная из тонкого холоднокатанного листа – в массовом порядке выпускается в г. Магнитогорске. Эта фибра имеет значительно более широкий ассортимент: толщину от 0,3 до 1,0 мм; ширину от 0,4х0,6 мм и длину от 30 до 40 мм. Прочность этой фибры – от 480 до 600 МПа [5].

Основные преимущества фибробетона по сравнению с обычным цементобетоном заключаются в следующем:

а) повышенная трещиностойкость, ударная вязкость, износо-, морозо- и огнестойкость, термодинамическая стойкость;

б) возможность использования обычной стержневой или проволочной стальной арматуры;

в) снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации и автоматизации строительства дорожных и аэродромных покрытий.

Из вышесказанного следует, что фибробетон дал возможность несколько изменить технологию строительства за счет замены арматуры фиброй – волокном с определенными армирующими свойствами. В некоторых видах строительных конструкций фибробетон практически полностью вытеснил традиционный бетон, например, в строительстве тоннелей, где он стал использоваться для облицовки, заменяя железобетон. Это связано с тем, что при высоких температурах во время пожара (до 1100°С в тоннеле за первые пять минут пожара) традиционная бетонная облицовка начинает сильно растрескиваться, что существенно повышает риск катастрофического обрушения тоннеля. Само растрескивание происходит впервые 20-30 минут пожара [6].

Современное строительство регулярно совершенствуется. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что фибробетон является в большой мере универсальным строительным материалом, находящим все более широкое применение в различных областях строительства. Композиционный материал такого типа действительно дает возможность избежать возникновения трещин, расслоения прочих недостатков, присущих классическому бетону.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дураченко, А. В. Повышение эффективности фибробетонов за счет применения композиционных вяжущих / А. В. Дураченко //



Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9-3. – С. 335-337.

2. В российском мостостроении впервые применили сверхпрочный фибробетон // ООО «Строймедиа». Электронное сетевое издание «Строительство.RU». URL: <https://rcmm.ru/press-relizy/> (дата обращения: 18.03.2023).

3. Русанов В.Е. Эффективность применения фибронабрызгбетона в мосто- и тоннелестроении // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 5(27). С. 65-68.

4. Дураченко, А. В. Фибробетон для строительства дорожных покрытий / А. В. Дураченко // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика, Белгород, 15–16 марта 2016 года. Том Часть 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 269-273.

5. ГОСТ 14613-83 Фибра. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3), 1985 г.

6. Надиф Ашраф Полимер-армированный фибробетон в строительстве // Исследования молодых ученых: материалы XXXIII Междунар. науч. конф. Казань: Молодой ученый, 2022. С. 1-9.

**УДК 69.07**

*Крутикова М.А.*

*Научный руководитель: Дураченко А.В., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОПОРЫ МОСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ**

Мосты должны быть не только прочными, жесткими, надежными, но самое главное устойчивыми. Устойчивость моста - это способность находится под действием сил в равновесии, почти не отклоняться при лёгких толчках, порывах ветра. И после незначительного отклонения возвращаться в положение равновесия [1-4]. Как правило, мосты состоят из пролетных строений и опор. Пролетные строения служат для восприятия нагрузок и передачи их опорам. Опоры переносят нагрузки

с пролетных строений на основания моста. Для расчета возьмем спроектированный железобетонный мост под однопутную железную дорогу через несудоходную реку (рис.1), у которого следующие данные:

- количество пролетных строений 5 (длиной 16,5 м и 13,5 м);
- высота 7 м опоры, а сечение 1,2:4,2 м.
- полная длина моста рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{пол}} = 0,05 + 16,5 * 4 + 13,5 + 0,05 * 4 = 79,75 \text{ м} \quad (1)$$

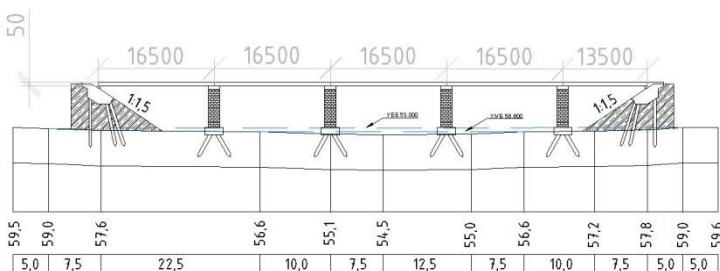


Рис. 1 Железобетонный мост под однопутную железную дорогу через несудоходную реку

Нормативная временная нагрузка от подвижного состава (на 1 м длины) на внешнюю и внутреннюю консоли принимается равной:

$$q_{u1} = q_{u2} = \frac{19.62 * K}{2.7 + d_2} \quad (2)$$

где  $K$  – класс нагрузки ( $K=1$ );

$d_2$  – толщина балласта под шпалой ( $d_2=0,35$  м).

Определим временные нагрузки:

$$q_{u1} = q_{u2} = \frac{19,62 * 1}{2,7 + 0,35} = 6,43 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

На внешнюю консоль действуют следующие постоянные нагрузки:

$g_1 = \gamma_1 d_1$ , кН/м – от собственного веса железобетонной плиты,

$g_2 = \gamma_2 d_2$ , кН/м – от веса балласта с частями пути

где  $\gamma_1 = 24,5$  кН/м<sup>3</sup> – удельный вес железобетона;

$\gamma_2 = 19,6$  кН/м<sup>3</sup> – удельный вес балласта с частями пути.

Определим постоянные нагрузки:

$$q_1 = 24,5 * 0,15 = 3,675 \text{ кН/м} \quad (3)$$

$$q_2 = 19,6 * 0,35 = 6,86 \text{ кН/м} \quad (4)$$

Расчет на устойчивость опоры моста производится по формуле:

$$\sum N_{I, \text{расч}} \leq \varphi R_b b x \quad (5)$$

где  $R_b$  – расчетные сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний первой и второй групп ( $R_b = 15,5$  МПа для класса бетона В30);

$b$  – ширина прямоугольного сечения ( $b=1,2$  м);

$x$  – высота сжатой зоны сечения ( $x=8$  см);

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, учитывающий длительное и кратковременное действие нагрузки, определяется:

$$\varphi = \frac{\varphi_m}{\frac{N_l \varphi_m + N_m}{N \varphi_l + N}} \quad (6)$$

$$\varphi = \frac{0,63}{\frac{10,535 * 0,63}{16,965 * 0,94} + \frac{6,43}{16,965}} = 0,79$$

где  $\varphi_m$  и  $\varphi_l$  определяются из таблицы 1 и равны соответственно 0,63 и 0,94 для данного моста.

Таблица 1 – Коэффициенты продольного изгиба

Характеристика гибкости		Коэффициенты продольного изгиба					$\varphi_l$
		$\varphi_m$ при относительных эксцентриситетах $e_c / r$					
$l_0/b$	$l_0/i$	0	0,25	0,5	1,0		
4	14	1	0,86	0,77	0,65	1,0	
6	21	0,98	0,84	0,75	0,63	0,94	
8	28	0,95	0,81	0,72	0,60	0,88	
10	35	0,92	0,78	0,69	0,57	0,80	
12	42	0,88	0,76	0,67	0,55	0,72	
14	49	0,85	0,74	0,65	0,52	0,62	
16	56	0,79	0,68	0,59	0,48	0,58	
18	63	0,74	0,63	0,54	0,43	0,43	
20	70	0,67	0,56	0,46	0,37	0,32	

$N_l$  и  $N_m$  – расчетное продольное усилие соответственно от постоянной и временной нагрузок, равны 10,535 кН/м и 6,43 кН/м.

Рассчитаем уравнение на устойчивость опоры:

$$(6,43 + 10,535) * 16,5 \leq 0,79 * 15,5 * 10^3 * 1,2 * 0,08$$

$$279,92 \leq 1175,5 - \text{условие выполняется.}$$

Таким образом, устойчивость опоры спроектированного железобетонного моста обеспечена.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфутов Н.А. Основы расчёта на устойчивость упругих систем. М.: Машиностроение, 1978. 308 с.
2. Юрьев А.Г., Зинькова В.А. Устойчивость стержней в структурном синтезе металлических ферм. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 84–87.
3. Писаренко Г.С. Соппротивление материалов. К.: Вища школа, 1986. 775 с.
4. Крутикова, М. А. Исследование потери устойчивости стержня прямоугольного поперечного сечения / М. А. Крутикова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1507-1511.

**УДК 699.8**

***Крутикова М.А.***

*Научный руководитель: Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

С течением некоторого времени несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений могут изнашиваться и стареть. Это связано с тем, что строительные объекты в процессе эксплуатации подвергаются воздействию разнообразных техногенных, климатических, механических и других факторов, что приводит к появлению деформаций и повреждений [1-5].

На 2023 год в г. Белгороде насчитывается порядка двадцати домов в аварийном состоянии, год постройки которых находится в пределах 1917-1961 годов, а это где-то примерно 8473 м<sup>2</sup> жилой площади. Чтобы предотвратить разрушение строений и возникновение аварийных ситуаций следует регулярно проводить для них специализированный комплекс обследований с определением категории технического состояния зданий и сооружений.

В работе представлены результаты обследования жилого дома 1917 года постройки, расположенного по адресу Белгородская обл., г.

Белгород, Преображенская, дом 37. Здание представляет собой одноэтажный жилой дом в плане с несущими наружными кирпичными стенами, деревянным чердачным перекрытием, кровлей из рулонного рубероида и волнистых асбоцементных листов с неорганизованным водоотводом (Рис. 1). Общая площадь помещения – 107 м<sup>2</sup>.



Рис. 1 Общий вид здания

При визуальном осмотре и инструментальных измерениях в данном жилом доме были выявлены следующие внешние дефекты (Рис. 2):

- вертикальные и наклонные трещины с раскрытием до 10 мм в местах сопряжения разнонагруженных стен, а также в местах сопряжения с дверными блоками;
- разрушения кирпичной кладки, выбоины, выпучивание и выпадение отдельных кирпичей;
- множество трещин, выкрашивание материала, отслоение штукатурки;
- перекос стен, оконных и дверных коробок, отслаивание досок;
- ослабление, выветривание и выщелачивание цементно-песчаного раствора.



Рис. 2 Внешние повреждения и дефекты жилого дома

Надежность строительных конструкций определялась по их повреждениям, согласно [6].

Общую оценку поврежденности жилого здания производим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{a_1 \cdot \varepsilon_1 + a_2 \cdot \varepsilon_2 + \dots + a_i \cdot \varepsilon_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_i}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  – максимальная величина повреждений отдельных видов конструкций,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.

Коэффициенты  $\alpha_i$  следует устанавливать на основании экспертной оценки, которая учитывает характера разрушения и его социально-экономические последствия. Если данных недостаточно, то данные коэффициенты принимаются: для плит и панелей перекрытия и покрытия  $\alpha = 2$ , для балок  $\alpha = 4$ , для колонн  $\alpha = 8$ , для несущих стен и фундаментов  $\alpha = 3$ , для прочих строительных конструкций  $\alpha = 2$ .

В нашем случае на основании визуального обследования жилого дома были установлены следующие коэффициенты значимости отдельных видов конструкций: стены наружные – категория состояния 4,  $\varepsilon = 0,25$ ; стены внутренние – категория состояния 4,  $\varepsilon = 0,25$ ; панели перекрытия – категория состояния 5,  $\varepsilon = 0,35$ ; отмостка – категория состояния 4,  $\varepsilon = 0,25$ .

Общая поврежденность жилого здания:

$$\varepsilon = \frac{0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 2 + 0,35 \cdot 2 + 0,25 \cdot 2}{3 + 2 + 2 + 2} = 0,272$$

Относительную оценку надежности строительных конструкций здания определим по формуле:

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,272 = 0,728 \quad (2)$$

Постоянная износа при сроке эксплуатации на момент обследования  $t_\varphi = 105$  лет будет равна:

$$\lambda = \frac{\ln y}{t_\varphi} = -\ln 0,728 / 105 = 0,003 \quad (3)$$

Срок эксплуатации здания до капитального ремонта составит:

$$t = \frac{0,16}{\lambda} = 0,16 / 0,003 = 53 \text{ года}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – постоянная износа.

Таким образом, остаточный ресурс здания, то есть срок безаварийной эксплуатации, при установленной системе ремонтов, составил:  $53 - 105 = (-52)$  года. Техническое состояние здания может быть отнесено к 4 категории, то есть неудовлетворительное. Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности к эксплуатации конструкций. В этом случае требуется капитальный ремонт с усилением конструкций. При этом до проведения усиления в обязательном порядке необходимо ограничить работу действующих

нагрузок. Эксплуатировать жилой дом будет возможным только после проведения ремонтных работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Гольцов А.Б. Обследование несущих конструкций главного корпуса консервного комбината // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. Т. 7. № 2. С. 30-37.

2. Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtyar A. N. Inspection of sugar factory brick wall. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021). Journal of Physics: Conference Series. 1926(2021)012006. С. 012006.

3. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Определение технического состояния железнодорожного моста // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. Т. 5. №4. С. 32-39.

4. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. Экспертиза промышленной безопасности здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода с целью оценки технического состояния конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 55–61.

5. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

6. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.

*УДК 624.21/8*

*Крутикова М.А.*

*Научный руководитель: Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОСТА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Мосты являются одним из востребованных видов искусственных сооружений дорожно-транспортной инфраструктуры, поскольку обладают специфическими потребительскими свойствами, определяющими их назначение и качество. Строительство мостов на

автомобильных дорогах необходимо для преодоления водных участков, ущелий или иных преград, через которые нельзя проложить дорогу. Мосты состоят из большого числа элементов, несущих различные функции, различающиеся по материалам, способам сооружения и конструктивным особенностям. Они принимают на себя вес транспортного потока на определенном участке, поэтому требуют особого внимания к монтажу. Естественно, что и номенклатура их дефектов также отличается большим разнообразием. Главные причины возникновения дефектов и повреждений в мостовых сооружениях – превышение допустимых нагрузок и недостаточное внимание к их обслуживанию. Например, мосты, построенные полвека назад, проектировались в расчете на колонну автомобилей общей массой в 10-18 тонн. При современной интенсивности движения нагрузка значительно возросла. Старые сооружения выдерживают ее только благодаря тому, что в них заложен большой запас прочности. Однако их предельная несущая способность ограничена и перегруз может привести к трагедии. Ведь даже маленькая щель в деформационном шве может привести к тому, что стекающая через нее годами вода в конце концов разрушит основание. По данным Росавтодора, каждое пятое мостовое сооружение в стране находится в неудовлетворительном состоянии. Ежегодно в нашей стране рушатся порядка ста мостов.

Оценка технического состояния моста осуществляется по признакам силового воздействия и воздействия внешней среды. Различают пять категорий технического состояния сооружения. Если мост отнесли к *первой категории*, то это говорит о нормальном исправном состоянии. *Пятая категория* считается не рабочей и предполагает потерю общей устойчивости конструкции, наличие большого числа повреждений [1].

Техническое состояние моста определяют внешним осмотром и простукиванием поверхности. Такой осмотр позволяет обнаружить большинство дефектов [2-4]. Скрытые дефекты могут быть обнаружены по ряду признаков. Если есть выщелачивание раствора на облицовке опоры то, это указывает на неисправность сливных площадок, трещин внутри кладки, пустоты между облицовкой и телом опоры. Если в устоях видны следы выщелачивания, то это указывают на неудовлетворительное состояние дренажа и отсутствие или неисправность изоляции поверхности опоры, соприкасающейся с насыпью. Для определения глубины и характера распространения трещины в кладке в необходимых случаях надо вскрыть облицовку, а трещины проверить щупом. Сквозные трещины можно определить путем нагнетания в них подкрашенной жидкости. Обнаружить скрытые



дефекты можно при помощи ультразвуковых и других акустических приборов.

В первую очередь, изнашивание мостовых сооружений заключается в том, что отдельные конструкции и мост в целом постепенно утрачивают свои первоначальные качества и прочность. При замене отдельных элементов их безотказность повышается, но не достигает первоначальной, так как в конструкциях всегда существует остаточный износ элементов, которые в течение всего срока эксплуатации не меняются.

Мосты со временем подвержены различным воздействиям: выщелачиванию бетона, образованию трещин и сколов бетона, коррозии металла, гниению древесины, деформации и разрушению элементов от проходящего транспорта. Поэтому необходимо производить на мостах повседневный уход, наблюдение за их состоянием и исправление возникающих дефектов и неисправностей, поскольку главная задача эксплуатации мостов является обеспечение удобного и безопасного по ним движения транспорта и людей.

В качестве примера, рассмотрим пешеходный мост со смайликами через железнодорожные пути Москва – Юг по ул. Кирпичной в г. Белгород, который в прошлом году обследовала экспертная организация. При обследовании моста были выявлены следующие дефекты и повреждения (рис. 1):

- коррозия до 15% элементов проезжей части, узловых фасонки и элементов связей;
- ослабление заклепок, деформация отдельных элементов связей;
- прогибы изгибаемых элементов превышают 1/150 пролета;
- многочисленные трещины с раскрытием до 0,5 мм;
- на значительной части опоры разрушение раствора в швах.



Рис. 1 Внешние повреждения и дефекты моста со смайликами через ж/д пути Москва – Юг

По итогам обследования техническое состояние моста было признано неудовлетворительным, однако перекрывать движение не потребовалось. Мост можно отнести к третьей категории по оценки технического состояния по внешним признакам. Его капитальный ремонт собираются провести в ближайшее время.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.

2. Degtyar A. N., Serykh I. R., Panchenko L.A., Chernysheva E.V., Alimatov B.A. Direction development of the theory of survivability of building structures under sudden project impacts // Scientific-technical journal (STJ FerPI) 2022. V.5. №2. P. 21-27.

3. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Определение технического состояния железнодорожного моста // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. Т. 5. №4. С. 32-39.

4. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

УДК 693.972

*<sup>1</sup>Куач Ву Тханг, <sup>1</sup>Чан Чи Тиен, <sup>2</sup>Ле Чунг Хиеу*

*Научный руководитель: <sup>3</sup>Нго Суан Хунг, канд. техн. наук, преп.*

*<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия*

*<sup>2</sup>Российский университет транспорта РУТ(МИИТ), г. Москва, Россия*

*<sup>3</sup>Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой, Вьетнам*

## К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИБРОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ

В настоящее время параллельно с быстрой урбанизацией, планирование и развитие подземных пространств имеет важное значение для снижения нагрузки на транспортную инфраструктуру. В густонаселенных городах все торговые и сервисные центры вращаются вокруг подземных транспортных узлов, поэтому это очень удобно для перемещения, а также для стимулирования экономического развития. Поэтому исследования, связанные со строительством для освоения

подземного пространства, являются актуальными и имеют практическую ценность.

Как известно, фибробетон – это вид строительного материала, отличающийся от классического бетона или железобетона технологией производства, когда в составе бетона присутствует фиброармирование из волокон. За последние 20 лет фибробетон широко применялся как строительный материал при проектировании и строительстве обсадных труб тоннелей. Было замечено, что бетоны с добавлением фиброволокна используются для изготовления конструкций со многими эффективными свойствами [1], наиболее из которых показаны на рис. 1.

В таблице 1 показаны некоторые деформативно-прочностные свойства материалов, полученных в результате испытаний призм. Исходя из соотношения веса состава фибробетона, используется состав бетонной матрицы  $C/C:V/C:P/C:Щ/C = 1:0,32:1,2:2,2$ . Было подтверждено, что на  $1 м^3$  бетонной смеси расход цемента составляет  $500 кг$ . В этом случае для изготовления фибры используется рубленая металлическая проволока с размерами диаметра  $d$  и длины  $l$ , равными  $1 мм$  и  $30 мм$  соответственно.



Рис. 1 Наиболее эффективные свойства фибробетона

Таблица 1 - Деформационно-прочностные характерные свойства бетона и фибробетона

Материал	$\mu_f, \%$	$R_b, МПа$	$\frac{R_{fb}}{R_b}$	$\varepsilon_{b0} \cdot 10^5$ от. ед.	$\frac{\varepsilon_{fb0}}{\varepsilon_{b0}}$	$R_{br}, МПа$	$\frac{R_{fb}}{R_b}, МПа$	$\varepsilon_{b0} \cdot 10^5$ от. ед.	$\frac{\varepsilon_{fb0}}{\varepsilon_{b0}}$
Бетон	0	50,6	1,0	203	1,0	3,5	1,0	17	1,0
Фибробетон	57,0	57,0	1,13	235	1,16	4,8	1,37	23	1,35
Фибробетон	2,0	66,1	1,31	295	1,45	9	2,57	28	1,65

В данном исследовании были проведены испытания на центральное сжатие призм из бетона и фибробетона с различным объемным процентным содержанием армирования размерами 10 x 10 x 40 см и оценены их результаты.

Условия выполнения расчета прочности сечения изгибаемых элементов задаются следующим образом [2]:

$$M \leq M_{ult}, \quad (2)$$

где,  $M_{ult}$  – предельное значение изгибающего момента, при котором можно воспринять поперечное сечение элемента.

На схеме представлены в рис. 2 усилия и эпюры напряжений в нормальном сечении сталефибробетонного элемента при изгибе, в том числе в прямоугольном сечении, рассчитанном на основе теории прочности [3].

Расчет обделки автодорожного тоннеля представлен в табл. 2. Полученные результаты показывают изменение класса бетона и расхода стальной фибры один кубический метр бетона [4].

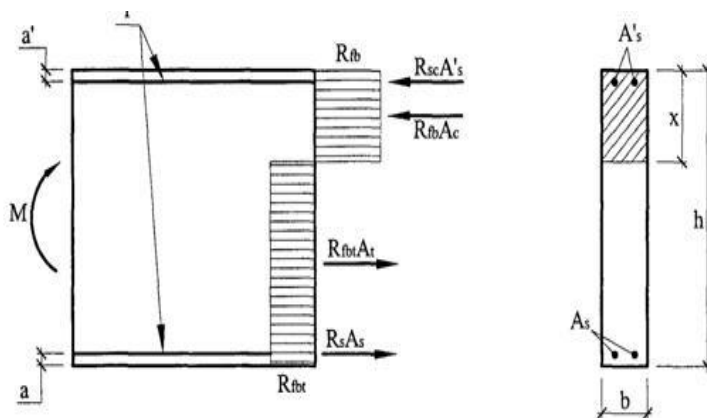


Рис. 2 Схема усилий и эпюра напряжений в нормальном сечении

Таблица 2 - Результаты расчетов обделки тоннеля при ее толщине 500 мм

Материал Обделки тоннеля	Класс Бетона	$\mu_f$ , %	Арматура Класса А400	$\delta_{cm}$ , мм	$\frac{M_{fb,ult}}{M_{bc,ult}}$	$\delta_{cm}$ , мм	$\frac{M_{fb,ult}}{M_{bc,ult}}$
Бетон	В30	0	5ø20 а400	500	1,0	500	1,0
Фибробетон, 0,75%	В30	0,75	5ø20 а400	500	1,31	350	-
Фибробетон, 1,5%	В30	1,5	5ø20 а400	500	1,46	350	1,0

На рассмотренном примере мы приходим к выводу, что:

1. При использовании фибробетона марки бетона В30 с характеристикой постоянной толщины обделки 500 мм, арматуры - Ø20 А400 с шагом 200 мм значительно повысилась несущая способность крепи до 46 %.

2. Расход, полученный соответственно фибры при проценте армирования 0,75% - 59 кг/м<sup>3</sup>, а при 1,5% - 118 кг/м<sup>3</sup>.

3. По толщине обделки тоннелей с применением армированного фибробетона сократилась на 30%.

Кроме того, в сочетании с применением инженерного программного обеспечения с расчетом поперечного сечения тоннеля на рисунках 3-4 показана одна из эпюр изгибающих моментов в обделке тоннеля.

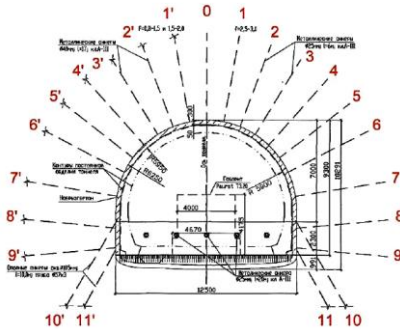
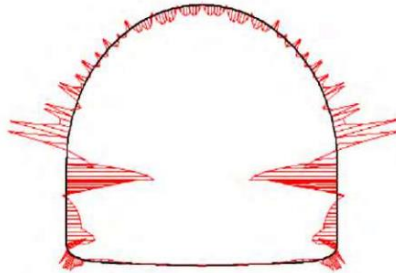


Рис. 3 Пример поперечного сечения тоннеля



$$M_{\max} = 350 \text{ кНм/п.м}, N = 3600 \text{ кН}$$

Рис. 4 Эпюры результатов, соответствующие изгибающим моментам в обделке тоннеля

В целом хотелось бы добавить, что применения фибробетон позволяет снизить трудовые и энергетические затраты на строительство зданий и сооружений, особенно на разработку сооружений с

подземными пространствами, например в тоннелях мелкого и глубоких заложения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Окольников Г.Э., Белов А.П., Слинькова Е.В. Анализ свойств различных видов фибробетонов. - Системные технологии. - 2018. - № 26. - С. 206-210.

2. СТО НОСТРОЙ 2.27.125-2013 Освоение подземного пространства. Конструкции транспортных тоннелей из фибробетона. Правила проектирования и производства работ (с Поправкой). М. 2015. - 117 с.

3. . Свод правил СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции». М. 2007. - 89 с.

4. Александров Е.Н., Истомин А.Д. Анализ напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов с комбинированным армированием на основе диаграмм деформирования фибробетона // Научное обозрение, 2016. - № 4. - С. 35-39.

УДК 691.3

*Кудрявых А.Д., Гиренко М.Ю.*

*Научный руководитель: Наумова Л.Н., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ И НЕМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ЧАСТИЦЫ – ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время в России выпуск строительных материалов различного назначения и с использованием отходов деревопереработки и – обработки является приоритетным на отечественном рынке.

Представляет интерес совершенствование технологии получения композиционных материалов с использованием цементной матрицы и в качестве наполнителя отходов деревообрабатывающей промышленности [1].

Россия располагает богатейшими источниками для производства арболита. В безлесных регионах России в качестве необходимого сырья могут быть использованы лён, рисовая солома и шелуха, конопля и др.

Арболит называют бетоном на основе минеральных вяжущих материалов – портланд- и шлакопортландцемента, гипсового вяжущего и др., с использованием органических компонентов. В качестве наполнителя могут быть использованы: древесная стружка, опилки, солома, костра льна, кенафа, рисовой лузги, стебли хлопчатника, камыша. Преимущественное использование опирается на отходы обработки древесины. [2, 3]. Поэтому использование данного компонентного состава позволяет получать материал экологически чистым, с наименьшим весом и надежным в эксплуатации. В составе материала отсутствуют токсичные компоненты. Блоки легко пилятся ножовкой, сверлятся и гродятся. Арболит не гниет и не разлагается, он выдерживает многократные циклы замораживания, не растрескиваясь и не теряя прочностных характеристик.

Использование арболита в качестве конструкционного материала позволяет изготавливать энергоэффективную продукцию и в стоимостном выражении – экономически привлекательной. Из данного материала возможно строить различные объекты: - коттеджи, дачные и сельские дома; - бани; - хозяйственные постройки. Здания из такого материала внешне ничем не отличаются от традиционных объектов недвижимости, таких как использование фасадные системы, имитированные под деревянные, кирпичные и каменные стены. Данный материал является эстетически привлекательным. Загородные дома из арболита — это современные объекты с удобной планировкой, комфортным и здоровым микроклиматом. По степени экологичности такие здания практически не уступают традиционным деревянным постройкам. В отличие от бревенчатых и брусовых зданий, объекты из деревобетона невосприимчивы к воздействию микроорганизмов и не нуждаются в антисептической обработке. Арболит становится отличной альтернативой кирпичу, пиломатериалам, а также газобетону и керамическим блокам. Это доступный, недорогой стройматериал, не требующий больших затрат на доставку и монтаж [4].

Целью работы является получение композиционного материала на основе портландцемента, песка, пластификатора с использованием в качестве наполнителя модифицированных и немодифицированных древесных частиц.

При проведении эксперимента первоначально использовали стружку и опилки размером частиц от 0,1 до 1,5 см. Их количество составляло 30 грамм, затем данное количество поместили в цементную массу и приготовили раствор, как с модифицированными, так и немодифицированными древесными отходами. Модифицирование образцов проводили в растворе хлорида аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), в количестве

688,5 мл. Под действием хлорида аммония цвет частиц не изменился, их объем увеличился практически в 5,9 раз. Образцы выдерживали в течении 7-ми суток. Образцы промывали водопроводной и дистиллированной водой. Промывание образцов проводили до достижения нейтральной среды (рН=7). Сушку образцов проводили в сушильном шкафу при температуре 50-60 °С в течение 2,5 ч., по истечении указанного времени – взвесили и получили массу образцов равную 28 грамм.

Полученные модифицированные образцы были использованы при изготовлении цементных композиционных материалов. Цементный раствор использовали с введением добавок: цемента - 256 грамм, в соотношении с ним было взято 195 миллилитров воды. В качестве добавок были использованы: измельчённые кварцево-песчаные отходы. Их количество составило 126 грамм, пластификатора (ТФ и ПФН-НЛК) - 1 - 2%. Пластификаторы применяют для увеличения подвижности бетонной смеси, при этом сохраняя прочностные свойства при застывании блоков [5, 6]. Пластификатор ТФ улучшает пластичность удобоукладываемость, водонепроницаемость смеси, препятствует расслоению, вододелению, образованию трещин, радиально снижает усадку и увеличивает срок службы конструкции. Пластификатор ПФН-НЛК отвечает требованиям к пластифицирующим, водоредуцирующим и повышающим морозостойкость добавкам, а также к добавкам, увеличивающим воздухоудерживание.

Цементные растворы с наполнителем (модифицированным и не модифицированным) заливали в металлические формы размером 40\*40\*60 мм. По истечении четырех суток композит извлекали из форм и определяли предел прочности при изгибе полученных образцов. Использовали лабораторный пресс УММ-10. Полученные значения подставляли в формулу 1. Результаты измерений представлены в таблице 1.

$$R_{из} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

где Р – разрушающая нагрузка, кгс (по шкале пресса);

L – расстояние между опорами, см; h – высота образца, см;

b – толщина образца, см

$$10 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \approx 1 \text{ МПа} \quad (2)$$

Формула 2 Перевод из  $\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$  в МПа



Таблица 1 – Компонентный состав и изгибающий момент исследуемых образцов.

Номер	Наименование состава балки	Компонентный состав, мас. %	Испытание на изгиб, МПа
1	Цемент Песок Опилки Пластификатор TF	Цемент 61 Песок 31 Опилки 7 Пластификатор TF 1	Сломался без нагрузки при опускании нажимной плиты
2	Цемент Песок Опилки Пластификатор TF	Цемент 61 Песок 31 Опилки 7 Пластификатор TF 1	2,34
3	Цемент Песок Опилки Пластификатор TF	Цемент 60,5 Песок 31 Опилки 7 Пластификатор TF 1,5	3,05
4	Цемент Песок Опилки Пластификатор ПФН-НЛК	Цемент 61 Песок 37 Опилки 7 Пластификатор ПФН-НЛК 1	3,398
5	Цемент Песок Опилки Пластификатор ПФН-НЛК	Цемент 60,5 Песок 31 Опилки 7 Пластификатор ПФН-НЛК 1,5	3,16
6	Цемент Песок Опилки Пластификатор ПФН-НЛК	Цемент 60 Песок 31 Опилки 7 Пластификатор ПФН-НЛК 2	2,81

Наилучший результат можно заметить при использовании пластификатора ПФН-НЛК, все три образца прошли проверку на изгиб, и показали хорошие результаты. По ГОСТу 19222-2019 «Арболит и изделия из него», прочность на изгиб равна 0,7-1 МПа. Практически все образца прошли проверку. Можно отметить, что полученные составы рекомендуется использовать при производстве строительных блоков с применением соответствующих наполнителей для придания прочности продукта

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев, С. А. Исследование возникновения арболита и древесноцементных композитов как строительных материалов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2022. № 2(16). С. 21-24.
2. Матыева А.К., Кенешбек УУЛУ Т., Сайытказиев Н.Т. Арболит из легкого бетона // Журнал Наука и инновационные технологии. 2019.№1. С.38-44.
3. Наумова Л. Н., Кудрявых А. Д. Утилизация древесных отходов и их использование при получении полимернокомпозиционных материалов // Международная научно - практическая конференция «VII Наука и инновации в строительстве», посвященная 170- летию В.Г. Шухова. [Электронный ресурс] – Электрон. текст. дан.
4. Будников, И.В. Экологически чистые древесно-полимерные композиты / И.В. Будников, О.А. Парамонова // [Электронный ресурс] – Электрон. текст. дан.
5. Пат. 2695313 Российская Федерация, МПК С04В 18/26; С04В 28/14; С04В 111/20. Сырьевая смесь для опилкобетона и способ изготовления изделий из опилкобетона / Н.И. Алфимова, А.А. Титенко, И.С. Никулин, Ю В. Галдун С.Ю. Пириева, А.А. Чепурных; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2018126082, заявл. 13.08.18; опубл. 23.07.19, Бюл. №21. 3 с.
6. Матыева А.К., Кенешбек УУЛУ Т., Сайытказиев Н.Т. Арболит из легкого бетона // Журнал Наука и инновационные технологии. 2019.№1. С.38-44.

*УДК 69.07*

*Кузнецов В.В.*

*Научный руководитель: Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЦИОНАЛЬНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СЕЧЕНИЙ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ**

В процессе проектирования железобетонных конструкций требования к прочности нормальных к продольной оси изгибаемых

расчетных железобетонных сечений [5, 6] рассматриваемого элемента могут быть выполнены при различном сочетании геометрических характеристик, различном армировании и использовании различных материалов [4]. Возникает ситуация множественного выбора и образуется необходимость в сравнении показателей экономичности и рациональности принятых решений [2, 3]. Образуется потребность в применении методологического подхода к постановке задач математического внутривидового моделирования строительных систем с целью эффективного управления объектами капитального строительства на начальном этапе жизненного цикла (проектирование).

При оценке экономичности часто сравниваются стоимость затрат на проектирование, изготовление и эксплуатацию конструкции. В рамках данной статьи при оценке экономичности участвует стоимость материала необходимого для изготовления конструкции.

При оценке рациональности часто оценивается отношение требуемой прочности к фактически спроектированной. В рамках данной статьи оценивался коэффициент использования несущей способности сечения.

Предлагаемый способ оценки позволил получить границу между рациональным, оптимальным решением и решением, которое имеется возможность улучшить. Методика базировалась на полученной в результате численного эксперимента в интерактивном блокноте Jupyter Notebook выборке [3] которая была сформирована для широкого диапазона материалов, расчетные показатели были получены в соответствии с нормативной и справочной литературой [1, 5, 6]. Цены за килограмм арматуры в рамках исследования принимались 44 и 48 тыс. рублей для класса арматуры А500 и А400 соответственно. Цена за килограмм профилированного настила принималась 140 рублей. Результатом [3] являлась таблица длиной  $\approx 55$  тыс. строк в которой содержались как исходные данные о тавровом сечении (высоты профилированных настилов [1], высоты полок бетона, армирование) и рассчитываемые параметры (как несущая способность и стоимость материалов необходимых для изготовления данного сечения). В процессе создания таблицы было рассчитано значение полезного момента  $M_{polezn}$  от внешней нагрузки на перекрытие. Для этого вычислялась нагрузка от собственного веса перекрытия и определялся изгибающий момент от распределенной нагрузки в наихудшем сечении однопролетной шарнирно опертой балки пролетом 6 м. Разница несущей способности сечения  $M_{ult}$  и момента от собственного веса перекрытия обозначалась « $M_{polezn}$ ».

Для оценки зависимости между двумя параметрами построен график (Рис. 1). Красной линией обозначена линейная зависимость между минимальными значениями стоимости материалов и полезным моментом ( $M_{polezn}$ ) сечения. Линейный характер зависимости в первом приближении может быть описан уравнением прямой  $f(x)$ .

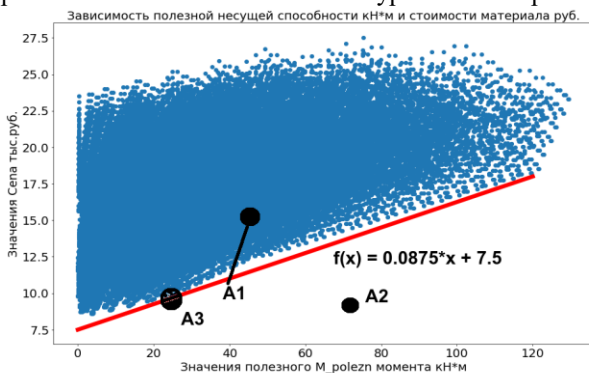


Рис. 1 Зависимость стоимости материалов (вертикальная ось) тыс. рублей и полезного момента  $M_{polezn}$  (горизонтальная ось) кН\*м.

Проведенная красная линия (см. рис. 1) определена визуально и сравнительно хорошо описывает исследуемую зависимость. При составлении основных пунктов методики определения критерия оптимальности конструктивных решений нормальных сечений изгибаемых элементов используются следующие исходные предпосылки:

1. Усилия изгибающего момента от внешней нагрузки на расчетный метровый участок перекрытия не превышают 120 кН\*м.
2. Единственный пролет шарнирно опертой на две опоры плиты равен 6 м.
3. Для расчетного сечения являются справедливыми предпосылки описанные в нормативной и справочной литературой [1, 5, 6].
4. При поиске оптимального решения рассматриваются бетоны класса В15-В30, высота полки бетона от 50 до 200 мм, арматура классом А400 и А500, диаметром от 10 до 20 мм, профилированные настилы для сталежелезобетонных перекрытий высотой 60, 90 и 114 мм и толщиной 0,6, 0,8, 1,0, 1,2 мм.
5. При поиске оптимального решения возможно незначительное уменьшение коэффициента использования несущей способности сечения, что в результате приведет к минимальной стоимости материала.

При визуализации графика (см. рис. 1) появляется возможность визуальной оценки критериев рациональности и оптимальности принятого конструктивного решения.

Так решение А1 (см. рис. 1) является достижимым, реальным при этом, не самым оптимальным, так как находится далеко от условной прямой. Решение А2 (см. рис. 1) является недостижимым и не реальным, при этом обладает минимальной ценой. Решение А3 (см. рис. 1) является достижимым, реальным, при этом обладает оптимальной ценой.

Проведенная численная оценка с визуальной оценкой и определением характера зависимости, позволила сформулировать следующие результаты исследований:

1. Пороговое значение стоимости материалов стажежелезобетонного перекрытия по профилированному настилу однопролетной плиты пролетом 6 м может быть описано уравнением прямой (см. рис. 1).

2. При определении критерия оптимальности конструктивных решений усилия изгибающего момента от внешней нагрузки на перекрытия исследованы до 120 кН\*м. Что при пролете 6 м и однопролетной схеме соответствует распределенной нагрузке до 26.6 кН/м<sup>2</sup>.

3. Данный подход дает возможность осуществлять постановку задач математического моделирования конструктивных систем и конструкций с целью эффективного управления объектами капитального строительства (с оценкой критерия оптимальности принятого конструктивного решения) на начальном этапе жизненного цикла (проектирование).

4. При дальнейшем развитии данного подхода, предполагается исследование изменения линейной функции  $f(x)$  при пролетах шарнирно опертой однопролетной плиты 4, 6, 8 и 12 м.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 58389-2019. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для сталежелезобетонных конструкций. М.: Стандартиформ. — 2019. — 28.

2. Гришин В. И., Рациональное проектирование конструкций по условиям прочности с применением вычислительных комплексов./ В. И. Гришин, М. Н. Коледов // Ученые записки ЦАГИ . — 2012. — №2. — 82-88.

3. Кузнецов В.В. Оценка критериев экономичности и

рациональности конструктивных решений тавровых сечений сталежелезобетонного перекрытия // вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. LXII междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК. – 2023. — № 4(53) — 56-63.

4. Смоляго Г.А., К вопросу оптимизации конструктивных решений стен малоэтажных жилых домов / Г.А. Смоляго, А.В. Дронова. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. — 2010. — №3. — 56-59.

5. Смоляго Г.А. Основы курса «Железобетонные и каменные конструкции»/ Г.А. Смоляго, В.И. Дронов. // Белгород: Изд-во БГТУ. — 2011.— 203.

6. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-101-2003. М. — 2018. —143.

**УДК 666.94**

***Кузнецова С.В., Шенцев А.М., Бандюков Д.Н.***

***Научный руководитель: Марушко М.В., ст. преп.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Одно из основных направлений энергетической стратегии – способность сферы экономики эффективно использовать энергоресурсы, предотвращать нерациональные затраты на внутреннее энергообеспечение и дефицитность топливно-энергетических балансов на федеральном, региональном и муниципальном уровнях [1-3].

Актуальность и особая значимость этих вопросов для обеспечения устойчивого развития общества в целом определяет необходимость их глубокой и детальной проработки на методологическом и практическом уровнях. Доминирующим фактором нерациональных затрат являются потери неизбежно возникающие на этапах транспортировки энергии от поставщика к потребителю [4].

Автоматизированная система управления и диспетчеризации (АСУД) предназначена для удаленного управления и контроля работы систем инженерных коммуникационных сетей здания. С помощью этой системы можно контролировать тепловые пункты, лифты, сигнализации, теплоснабжение, водоснабжение и иметь доступ ко всем

коммуникациям, тем самым упрощая и автоматизируя работу служб жилищно-коммунального хозяйства [5, 6].

Благодаря этой инновационной технологии можно обеспечить контроль как одного здания, там и целого микрорайона.

АСУД обеспечивает:

- контроль технологических параметров
- управление инженерным оборудованием
- непрерывный мониторинг всего здания
- полную интеграцию на информационном и управленческом уровне всех своих компонентов

Рассмотрим пользу от автоматизированной системе управления на примере системе отопления жилого дома.

Диспетчеризация индивидуального теплового пункта здания даёт снижение затрат человеческого труда при обслуживании, сокращает риски при чрезвычайных ситуациях при выходе из строя какого-либо оборудования, свести на минимум ущерб связанный с разрывом трубопровода, анализ поступления тепла по трудам в летнее и зимнее время года, тем самым получение наиболее экономичных настроек работы ИТП.

Контролируемые и управляемые параметры:

– температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах теплосети, подающих и обратных трубопроводах контуров отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и стояков отопления. контроль температур теплоносителя в различных точках технологического процесса позволяет оптимально настроить режимы потребления тепловой энергии различными потребителями, а также контролировать качество услуг, предоставляемых компанией отвечающей за отопление здания.

– давление в давлении в системе отопления теплосети – контроль качества услуг компании отвечающей за отопление здания.

– давление в подающих и обратных трубопроводах контуров отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и стояков отопления - контроль состояния трубопроводов, наличия теплоносителя, защита от «сухого хода» насосов.

– перепад давления на фильтрах и грязевиках – контроль загрязнения фильтров, своевременное уведомление персонала о необходимости чистки.

– перепад давления на насосах – контроль исправности насосов, своевременное оповещение персонала о необходимости ремонта/замены.

- управление положением запорно-регулирующей арматуры контуров отопления вентиляции и горячего водоснабжения
- поддержание тепловых режимов согласно установленным параметрам, температуре наружного воздуха, температуре теплоносителя, поступающего из теплотрассы.
- управление положением запорной арматуры стояков отопления, ускоренное прекращение утечки теплоносителя при нарушении герметичности системы.
- интеграция средств коммерческого и/или технического учета потребления тепла и расхода ГВС.

В качестве измерительных компонентов, предназначенных для учета тепловой энергии, затраченной на подогрев воды (теплоносителя) для нужд водоснабжения и отопления, разрешается использовать только теплосчетчики, обеспечивающие взаимодействие по какой-либо открытой спецификации передачи данных с нормированными метрологическими характеристиками. Не рекомендуется (в силу их характеристик) использовать в качестве общедомовых узлов учета горячей воды крыльчатые счетчики питьевой воды [7].

Предложенная концепция основывается на принципах автоматизированного энергоучета и, в частности, на понятии автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ). АСКУЭ предназначена для высокотехнологического решения задач расчетов за проданную - купленную энергию между субъектами рынка (коммерческий аспект), а также решения задач контроля в целях выявления нерациональных потерь и безучетного потребления (технический аспект). Рыночные и структурные преобразования энергосистемы и общества в целом делают невозможным в принципе оперативные расчеты между субъектами без применения АСКУЭ (рис. 1).

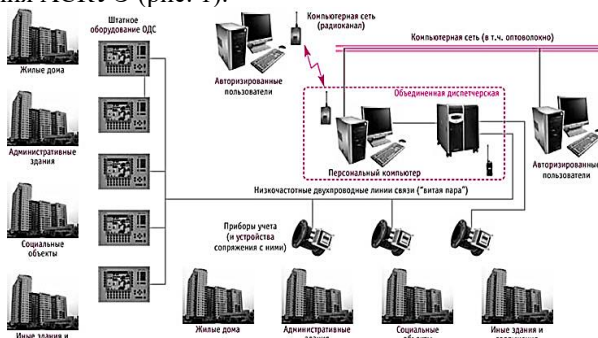


Рис. 1 Размещение оборудование системы АСКУЭ на базе АСУД-248 на объекте



Высокая социальная и экономическая значимость информации АСКУЭ указывает на необходимость создания общегородского центра обработки данных ПУ. В задачу этой единой автоматизированной системы учета и потребления энергоресурсов (АСКУПЭ), входит интеграция данных локальных АСКУЭ различных производителей и предоставления их в пространстве единой информационной системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.
2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.
3. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Нормативно-правовое регулирование жилищного строительства в России // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства) : сборник докладов международной научно-практической конференции : в 2 т.. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 196-205.
4. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.
5. Москвин Э.В. Базовые и расширенные функции Автоматизированной системы диспетчеризации и управления в современных зданиях / Э. В. Москвин, А. С. Глазырин // Перспективы развития информационных технологий. – 2011. – № 3-2. – С. 127-130.
6. Рябчевский И.С. Концепция повышения качества услуг ЖКХ за счет внедрения инновационных технологий // Международный студенческий строительный форум – 2018 – Белгород, 2018. С. 204-208.
7. Воронов А.С. Совершенствование системы управления автотранспортным предприятием с помощью автоматизированной системы мониторинга и диспетчеризации / А. С. Воронов // Научная перспектива. – 2014. – № 9. – С. 19-22.

*Лагутин Р.В., Ньямитамбу М.*

*Научный руководитель: Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ**

В строительстве, в настоящее время, вопрос укрепления грунтов становится одним из самых актуальных. Связано это, в первую очередь, с увеличением темпов строительства как зданий, так и автомобильных дорог. За последние несколько лет было сделано немало открытий в сфере укрепления грунтов, которые, несомненно, требуют совершенствования и дальнейшего исследования.

Способ укрепления зависит от выбора грунтовых условий в районе строительства, а также производственных возможностей его выполнения. К выбору метода следует отнестись ответственно и учесть все плюсы и минусы [1].

Все методы можно разделить на физические, механические, химические. Самыми распространенными способами физического укрепления грунтов являются - термическая фиксация, замораживание, оттаивание, электроосмос и понижение уровня грунтовых вод. К механическим методам относят - укрепление геосинтетиками, сваями, метод укрепления случайно распределенными волокнами. К самому распространенному типу – химическому относятся: битумизация, цементизация, силикатизация [2].

Использование химического метода, а именно, стабилизирующих добавок позволяет получить композиционный материал для устройства основания дорожной одежды на автомобильных дорогах IV-V категории, за исключением дорогостоящего щебня. В последнее время в регионах России широко внедряются отечественные и зарубежные стабилизаторы грунтов, которые разделяют на два класса стабилизаторов. Среди стабилизаторов первого класса выделяют ионные фиксаторы грунта: Перма-Зим, Роудбонд, Гонсолид, РоудпакерПлюс, Т-РРП, РРП-235-Спец, Статус, Статус-2, Дорзин, АНТ и другие, ко второму классу относятся: «М10+50», «Наностаб», «Никофлок» и др. Многолетний практический опыт применения стабилизаторов показывает, что не все стабилизаторы достаточно эффективны, в том числе многие из них токсичны, в основном предназначены для кислых почв, имеют высокую стоимость, а большинство из них производится за рубежом и в разных регионах.

России. Такие стабилизаторы из-за недостаточной водостойкости и прочности в водонасыщенном состоянии имеют ограниченное применение, а требуемое в этих случаях усложнение дорожной конструкции требует значительных затрат [3,4].

В связи с этим, необходимо повысить водостойкость обработанных стабилизатором связных грунтов в теплых регионах России. Учитывая важность вопроса повышения качества и долговечности автомобильных дорог, а также необходимость совершенствования технологии, предлагается использовать разработанный стабилизатор грунта «ДС-Модификатор «ДС-35» представляет собой водную дисперсию акрилового сополимера винилацетата с маловязкой частью без растворителей и пластификаторов, полученную полимеризацией мономеров в жидкой фазе с рецептурой. Качество грунта содержащееся в глинистом компоненте «ДС-35», в сочетании с гидравлическим вяжущим, соотношение которых необходимо подобрать опытным путем [5].

Сополимерный модификатор, реагируя с химически связанной водой в глинистых минералах, образует химически стойкие и прочные соединения, которые придают грунту более высокую плотность с очень низкой водопоглощающей способностью [6].

Поэтому модификатор «ДС-35» может применяться в качестве основной или дополнительной добавки при введении в смесь 4-8% цемента, а также в количестве 0,42-0,49% от массы смеси. Так, в рамках программы и с целью минимизации затрат материалов целесообразно использовать модификатор ДС-35 в качестве грунтовки на автомобильных дорогах IV-V технических категорий, что позволяет получить показатели стойкости, соответствующие классам устойчивости М60-М100 [7].

На равне с «ДС-35», становится распространена добавка «ДорЦем» ДС-1, разработанная НПО МГТ России для дорожного и аэродромного строительства. При использовании модификатора «ДорЦем» ДС-1 его необходимо предварительно распределить по поверхности измельченного грунта с помощью фрезы или ресайклера. Количество должно соответствовать рецепту. Модификатор «ДорЦем» ДС-1 схватывается путем склеивания частиц после добавления воды в грунт. При использовании добавки происходит процесс кристаллизации, образуются длинноигльчатые кристаллы, которые связывают частицы грунта между собой. Кристаллы обладают высокой прочностью и гибкостью, за счет чего получается износостойкая конструкция [8,9]

В результате чего, при эксплуатации дорожного покрытия любой дороги колесная нагрузка проезжающих транспортных средств и давление от них распределяются с поверхности дорожного покрытия на нижележащие слои.

Применение модификатора «ДорЦем» ДС-1 повышает прочностные характеристики грунтов, повышает прочность, эластичность, трещиностойкость и морозостойкость [10].

Еще одним способом укрепления грунтов является укрепление микроцементом. В данный момент в России промышленное производство микроцемента не налажено, однако в связи с перспективами замещения импорта зарубежных микроцементов отечественными в настоящее время сокращаются предприятия, выпускающие широкодисперсные цементы отдельными партиями. Стоимость отечественных материалов, как правило, ниже импортных материалов, но все же на порядок выше среднего портландцемента. Микроцемент получают путем доизмельчения в установках помола портландцемента с органическим модификатором [11].

Получение микроцемента с использованием данной технологии представляет собой непростую задачу, поскольку требуется обеспечить определенный фракционный состав, который включает в себя частицы большего размера. Проблема заключается в том, что эти частицы, вводимые в состав суспензии, могут привести к образованию пробок, которые могут забить поры и капилляры, что в свою очередь может замедлить или полностью остановить процесс инъекции. В связи с этим, многие российские компании закупают готовый микроцемент у производителей, которые получают его путем доизмельчения исходного цемента, разделения на фракции и дополнительной сепарации. Это позволяет получить микроцемент нужного фракционного состава, не содержащий крупных зернистых частиц. Микроцемент является важным материалом для создания продуктов высокой стоимости, таких как несъемные доски пола из молотого бетона. Кроме того, используется специальная технология искусственного преобразования свойств почв, чтобы улучшить их прочность и уменьшить деформации встречных сопряжений. Следует отметить, что наиболее устойчивому закреплению подлежат водопроницаемые и другие грунты, которые можно применять все основные способы укрепления. К редким случаям фиксации почвы относятся: цементация, окварцевание, электрохимическая фиксация, термическое обжиг, осмоление, глинообразование и битумирование [12,13,14]

Еще одним способом укрепления является газовая силикатизация, которая используется для укрепления сильно увлажненных грунтов при помощи углекислого газа. Метод укрепления грунта с помощью ввода силикатов используется для укрепления грунта под линейными объектами, такими как дороги, железные дороги и трубопроводы. Поверхностное натяжение воды уменьшается при добавлении энзимов, что усиливает молекулярное взаимодействие между частицами грунта [15].

Также получает распространение технология грунтоцементных свай, которая заключается в смешивании грунта и цементного раствора, чтобы создать новый материал - грунтобетон, с прочными и деформационными характеристиками. Это достигается путем внедрения цементного раствора под высоким давлением в форсунки монитора на нижнем конце буровой колонны, которая вращается и поднимается в процессе обратного хода. Существуют три разновидности этой технологии: однокомпонентная, двухкомпонентная и трехкомпонентная. Каждый из этих вариантов имеет свои достоинства и недостатки, включая размер диаметра полученных свай, сложность оборудования и технологических процессов [16,17].

Для данного метода требуется использовать специальное технологическое оборудование, такое как миксерная станция, цементирувочный насос высокого давления, силос для хранения цемента и буровая установка. Кроме того, для технологии Jet 2 необходим компрессор, а для технологии Jet 3 – компрессор и второй насос для нагнетания цемента. В отличие от цементации, метод битумизации заключается в том, что жидкий битум (горячий или холодный) нагнетается в грунт. Для горячей битумизации бурят скважины диаметром 80–100 мм по контуру котлована на расстоянии 0,7–1,0 м друг от друга. Каждую скважину необходимо заглубить до водоупора или на глубину, превышающую заложение котлована на 60–100 см. Затем скважины прочищают и промывают, и в них опускают трубу – иньектор с перфорированными отверстиями, через которые битум проникает в скважину. Трещины заполняют горячим битумом под давлением до 8 атмосфер. Для того чтобы температура битума не уменьшилась, и он не изменил свое агрегатное состояние в буровых скважинах, в иньекторе закрепляется металлический стержень, соединенный с сетью постоянного электрического тока. В большинстве случаев горячая битумизация сочетается с холодной, так как горячий битум не может проникнуть в мелкие трещины. Для холодной битумизации используются тонкодисперсные битумные эмульсии, которые нагнетают в грунт через скважины. Этот метод применяется

для уплотнения как скальных пород, так и песчаных грунтов. В состав битумной эмульсии входят электролиты, которые придают грунтам водонепроницаемость, заполняя поры и трещины [18,19].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атемов, М. С. Укрепление грунтов модифицирующей добавкой "ДС-35" при строительстве сельских дорог на территории Республики Дагестан / М. С. Атемов, А. Р. Юсупов, В. И. Черкашин // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2013. – № 62. – С. 173-175. – EDN RSQCIN.

2. Кушхов, Р. Б. Современные методы укрепления слабых грунтов и повышения устойчивости земляного полотна на слабом основании / Р. Б. Кушхов, А. Э. Семен, С. В. Турдаков // Современные тенденции в науке, технике, образовании : Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Смоленск, 31 марта 2018 года. Том Часть 2. – Смоленск: Общество с ограниченной ответственностью "НОВАЛЕНСО", 2018. – С. 54-56. – EDN YXFFZZ.

3. Скрыпников А.В. Исследование отходов промышленности для укрепления грунтов / А. В. Скрыпников, В. Г. Козлов, Д. В. Ломакин, В. С. Логойда // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-1. – С. 102-106. – EDN XEUEMB.

4. Чудинов, С. А. Повышение эффективности укрепления грунтов портландцементом со стабилизирующей добавкой / С. А. Чудинов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 163. – EDN SZVKCD.

5. Чудинов С.А. Повышение эффективности укрепления глинистых грунтов портландцементом с добавкой полиэлектролита // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. тр. – 2013. – № 4(63) – С. 121-129.

6. Ткачев, Д. Н. О возможности укрепления грунтов минеральными вяжущими / Д. Н. Ткачев, Т. А. Полякова, А. М. Сергеева // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 3002-3006. – EDN LESVFP.

7. Влияние стабилизирующих добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона / В. В. Ядыкина, А. М. Гридчин, А. И. Траутвайн, П. С.

Юрьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 6. – С. 7-11. – EDN RPJPFX.

8. Бедрин, Е. А. Развитие технологии укрепления грунтов / Е. А. Бедрин, Е. А. Киселева // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования – Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2012. – С. 13-18. – EDN TNMREJ.

9. Григорян, А. З. Особенности технологии работ при укреплении грунтов земляного полотна / А. З. Григорян, А. А. Кнышов, С. В. Турдаков // Научно-технический потенциал как основа социально-экономического развития – Москва: ООО "ИМПУЛЬС", 2018. – С. 415-418. – EDN YUXIVV.

10. Ленков, Д. Д. Укрепление грунтов минеральными вяжущими материалами / Д. Д. Ленков // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: – "Уральский государственный лесотехнический университет", 2021. – С. 114-116. – EDN KYTJNW.

11. Чудинов, С. А. Современные добавки для стабилизации грунтов при строительстве лесовозных автомобильных дорог / С. А. Чудинов, А. А. Катнова, Е. Е. Чупров // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Омск, 06–07 февраля 2020 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2020. – С. 174-177. – EDN NTWVUF.

12. Вдовин, Е. А. Анализ возможности модификации укрепленных грунтов для дорожных одежд активированными минеральными добавками / Е. А. Вдовин, Н. В. Коновалов, Д. Р. Сафин // . – 2019. – № S(11). – С. 24. – EDN XAYDRD.

13. Кузнецов, А. А. Исследование влияния полимерно-минеральной добавки Nisoflok на укрепление глинистых грунтов / А. А. Кузнецов, Г. В. Пушкарева // Избранные доклады 67-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых : Доклады конференции студентов и молодых ученых, Томск, 19–23 апреля 2021 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 211-216. – EDN YFKJSB.

14. Муленко, Е. С. Укрепление и стабилизация грунтов добавками / Е. С. Муленко // Образование. Наука. Производство : Материалы X Международного молодежного форума с международным участием, Белгород, 01–15 октября 2018 года. – Белгород: Белгородский

государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 1254-1257. – EDN AINKLB.

15. Кахаров, З. В. Укрепления основания фундаментов методом закрепления грунтов инъекцией растворов / З. В. Кахаров // *Материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок : сборник статей Международной научно-практической конференции*, Киров, 09 октября 2019 года. – Киров: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2019. – С. 212-215. – EDN ITHSTD.

16. Могучева, Т. А. Искусственное укрепление грунтов-замораживание грунтов / Т. А. Могучева // *64-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, Уфа, 18–19 апреля 2013 года. Том Книга 2.* – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2013. – С. 165-166. – EDN VRPJQB.

17. Яровой, Р. С. Применение золошлаковых отходов для укрепления грунтов оснований строительных объектов / Р. С. Яровой, Т. О. Кунаев, А. В. Дицель // *Наука промышленность оборона : труды XIX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 томах*, Новосибирск, 18–20 апреля 2018 года / Под ред. С.Д. Саленко. Том III. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – С. 201-203. – EDN XRGELZ.

18. Траутвайн, А. И. Особенности использования стабилизирующих добавок для укрепления грунтов / А. И. Траутвайн, А. Е. Акимов, А. А. Яковлева // *Наука и образование в современных условиях: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции*, Нефтекамск, 15 сентября 2017 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2017. – С. 200-207. – EDN ZGPBJX.

19. Калачук, Т. Г. К вопросу проектирования и строительства на слабых грунтах / Т. Г. Калачук // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.* – 2015. – № 5. – С. 120-124. – EDN UCKPOD.



*Лагутин Р.В., Ньямитамбу М.*

*Научный руководитель: Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический  
университет им В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия*

## **КЛАССИФИКАЦИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

Использование стали человеком датируется 1800 годом до нашей эры. Из нее делали сабли, японские мечи, шпаги и другие орудия. Они имели высокую прочность, пластичность, твердость и жаростойкость. Однако они имели и свои минусы. Стали неустойчивы к коррозии, в том числе к электрохимической коррозии. Изготовление изделий из этого вещества производится в несколько этапов, поэтому нарушение технологии производства на любом из этапов приводит к снижению качества. Кроме основных компонентов стали в ней находится небольшое количество вредоносных веществ, снижающих качество, такие как магний, марганец и кремний. Эти минусы было необходимо решать, а изменение взглядов на химию и химический состав веществ, позволило улучшить качества стали. Влияние на химический состав способствовало появлению нового вида – легированная сталь.

Легированная сталь – это материал, который содержит специальные легирующие добавки. Они позволяют менять ряд механических и физических свойств стали. Обычно в качестве легирующего элемента используют хром, кремний, марганец, молибден, вольфрам, кобальт и никель. При введении легирующих элементов в сталь, они могут находиться в твердом растворе или карбидной фазе. [1] Достаточная концентрация легирующего элемента и его карбидообразующие способности могут привести к образованию специальных карбидов –  $MeC$ ,  $Cr_7C_3$ ,  $VC$ ,  $W_2C$ . Они имеют более высокую твердость, чем цементит, труднее диссоциируют и растворяются в аустените при нагреве, их частицы медленнее растут при повышенных температурах. Таким образом, сталь в которой находятся специальные карбиды будет более износостойкой и теплостойкой. Большинство легирующих элементов замедляют распад переохлажденного, что позволяет закалывать стали в более мягких средах, например, охлажденное масло или воздух. Закалка с меньшими скоростями охлаждения снижает вероятность появления закалочных трещин, это происходит из-за уменьшения внутренних напряжений. Это особенно важно при закалке деталей сложной конфигурации.

Применение легирующих сталей очень широко, их используют для изготовления хирургических инструментов и ювелирного оборудования, металлоконструкции и строительной арматуры, промышленные машины и механизмы. В каждом конкретном случае используют специальный класс легированных сталей, которые обладают различными свойствами. Легированные стали можно разделить по нескольким признакам, обычно их делят по назначению на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами. [2]

Конструкционные стали широко используются для различных видов деталей машин и механизмов- оси, шестерни, пружины, рессоры, валы. В соответствии с условиями работы этих деталей и особенностями нагружения они должны иметь высокую прочность, пластичность и вязкость. Все это необходимо для правильной работы прибора, высокую прочность при долгих и циклических нагрузках. Конструкционная сталь может работать при низких и высоких температурах, она хорошо противостоит хрупкому разрушению и может использоваться в работе при температуре до 600 градусов цельсия. По содержанию углерода конструкционные легируемые стали бывают низкоуглеродистые ( $<0,2\%$  C) и среднеуглеродистые (0,1-0,6 % C).

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущих и измерительных инструментов, деталей машин, испытывающих повышенный износ при умеренных динамических нагрузках. Данному классу легирующих сталей требуется высокая износостойкость и сопротивление деформации, поэтому их в основном делают из высокоуглеродистых или среднеуглеродистых сталей. Это необходимо для получения после закалки высокоуглеродистого материала, обеспечивающий большую твердость. Так же для инструмента, работающего при высоких температурах необходима высокая теплостойкость. Поскольку в инструментальных сталях содержится много специальных карбидов, труднорастворимых в аустените при нагреве, закалку обычно проводят при высоких температурах: 1220-1280 градусов цельсия. Затем делается трехкратный отпуск (550-580 градусов цельсия), таким образом получается сталь высокой твердостью и теплостойкостью. [3]

Стали с особыми свойствами- это материал, в которых путем легирования повышен уровень определенных свойств, необходимых в конкретных условиях работы. Стали с особыми свойствами обычно используются в условиях высоких температур, коррозионных сред или необходимость высоких магнитных свойств. Данные стали можно

разделить на несколько подгрупп: жаропрочные, жаростойкие, коррозионно-стойкие и износостойкие стали.

1. Жаропрочные стали предназначены для работы при высокой температуре и нагрузке. Такой материал должен соблюдать определённые условия, он должен иметь достаточную прочность и сопротивление деформации при высоких температурах. Жаропрочная сталь должна иметь пригодность к длинным эксплуатационным работам при различных условиях. Они широко используются для изготовления деталей топливной аппаратуры, паровых котлов, турбин ракет.

2. Жаростойкие стали необходимы для изготовления деталей, работающих в ненагруженном состоянии при высоких температурах. Для них необходимо высокая прочность окислению при повышенных температурах. При окислении металлов на их поверхности появляются оксидные пленки, которые и будут препятствовать дальнейшему окислению. Такой материал обычно используется при изготовлении нагревательных печей или клапанов двигателя внутреннего сгорания.

3. Коррозионно-стойкие стали-это материалы стойкие к агрессивным окружающим средам. Такими средами могут быть воздух, вода, кислоты, щелочи и пар. Основным элементом способный защитить поверхность металла от данных сред является хром, причем для защиты материала его необходимо ввести 1,25 %. При таком количестве хрома электрохимический потенциал стали становится положительным, что препятствует коррозии. Коррозионностойкие стали используются для изготовления лопаток паровых турбин, компрессоров, бытовые инструменты, валы, шестерни и болты, работающие в агрессивных средах.

4. Износостойкие стали обычно применяют для материалов, которые будут использоваться при условиях изнашивающих нагрузок, часто при интенсивном износе. В современном производстве считается, что чем выше их твердость и чем больше в них содержится твердых избыточных карбидов, тем выше сопротивление износу. Поэтому данные стали, как правило, высокоуглеродистые и легированы карбидообразующими элементами (Cr, V, W, Ti). Из износостойких сталей изготавливают изделия, работающие в условиях износа с одновременным действием высоких давлений, ударных нагрузок. Примерами таких деталей являются траки гусениц тракторов и танков, детали камнедробилок, ковшей экскаваторов. [4]

При маркировке легированных сталей обычно используются цифры и буквы, которые показывают примерное содержание химических веществ в материале. Цифрами показывается содержание

веществ в сотых долях, например, первые цифры показывают содержание углерода. Далее идет легирующий элемент содержащийся в стали, они обозначаются русскими прописными буквами, например, «Н»-никель, «Т»-титан, «Х»-хром, «Д»-медь, «Р»-бор, «П»-фосфор, «Ф»-ванадий, «М»-молибден. Цифры, идущие после показывают содержание легирующего вещества в процентах. Если элемента содержится меньше 1 %, то цифра отсутствует. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку. Так, например, высококачественные и особовысококачественные стали маркируются буквами А или Ш, которые ставятся в конце. Стали которые обладают обычными качествами таких обозначений не имеют. Специальное обозначение также имеют сплавы, полученные прокатным методом, нагартовый прокат обозначается буквой «Н», а термически обработанный прокат буквами «ТО». Также, если маркировка начинается с букв «Ж», «Х» или «Е», то перед нами сплав нержавеющей, хромистой или магнитной группы. Быстрорежущие, нержавеющие хромоникелевые и шарикоподшипниковые обозначаются буквами «Р», «Я» и «Ш». [5]

Современное конструкционное и машиностроительное производство богато на материалы, но все же преимущество остается за легированными сталями. Они применяются для изготовления ферм, обвязки вагонов, элементов сварных строительных конструкций, листовых конструкций, днищ сосудов, а также арматуры железобетонных изделий. Имея определенные свойства, они могут работать при низких и высоких температурах, под нагрузкой и давлением, под влиянием различных коррозионных веществ. Именно такой материал необходим современному производству, так как его можно использовать в любой отрасли промышленности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИЛОК

1. Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Хворова И.А. «Материаловедение (Конструкционные, инструментальные и наноматериалы)» // Учебное пособие. – 3-е издание. 2009. С. 130-143.
2. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В., Герасименко А.И. «Материаловедение для автомехаников» // Учебное пособие. 1997. С. 209-223.
3. Гаврилов Г. Н., Каблов Е.Н., Ерофеев В.Т., Мальцев И.М., Колосова Т.М., Терещенко Е.Г., Воскресенская Т.А., Антошкин Н.Ф., Коротаев С.А. «Материаловедение теория и технология термической обработки» // Учебное пособие. 2019. С. 152-183.

4. Ильин И.С., Карпик Д.С., Никифоров Э.А., Бардин Е.С., Легированные стали // Сборник статей Нацка и образование сегодня. 2017. С. 26-27.

5. Малеткина Т.Ю. Общая классификация и обозначение металлов и сплавов // Методические указания для самостоятельной работы. Методическое указание для самостоятельной работы. 2015. С. 7-10.

6. Юракова Т.Г., Черноситова Е.С., Левицкая К.М. // Актуальные вопросы обеспечения качества стали как основного материала для производства продукции машиностроения. Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 6. - С. 207-212.

**УДК 666.94**

*Левшин Д.Э.*

*Научный руководитель: Кузнецова С.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И СФЕРЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ**

В условиях современного мира человек всё чаще сталкивается с большими объёмами информации, с которыми достаточно тяжело взаимодействовать, если они не представлены в удобном виде, поэтому сегодня трудно представить жизнь без таблиц, схем, графиков и т.д. Графическая информация в компьютеризированной среде является конечным продуктом компьютерной графики – изображением.

Компьютерная графика является разделом информатики, изучающим методы и средства представления и визуализации данных в графическом виде. Широкий спектр возможностей, которые может реализовать компьютерная графика, начиная с систем видеонаблюдения и заканчивая просмотром видео, постоянно расширяется, позволяя нам всесторонне развивать своё окружение.

В зависимости от методов и приёмов создания графической информации выделяют растровые, векторные, фрактальные и трёхмерные (3D) компьютерные графики.

Смысл растровой компьютерной графики заключается в представлении изображения совокупностью пикселей разных цветов. Размер изображения в пикселях может выражаться в виде общего количества пикселей. Важным показателем в растровой графике служит разрешение изображения. Данный показатель выражает количество

пикселей на дюйм. Растровое представление изображения используется в таких приборах, как мониторы, принтеры, и т.д. Пример растрового изображения можно рассмотреть на рис. 1.

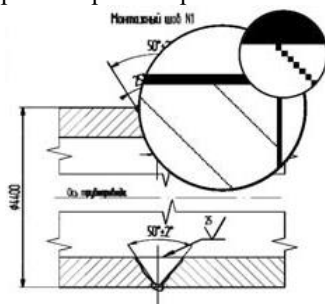


Рис. 1 Пример растрового изображения

Векторная графика – вид компьютерной графики, в котором изображение представляется в виде совокупности отдельных объектов, описываемых математическими уравнениями. В векторной графике базовым элементом построения изображения является контур. Каждый контур имеет две и более опорных точек, которые называются узлами – по ним и строится изображение. Контур может быть открытым и закрытым.

Данный вид компьютерной графики применяется в электронной полиграфии, системах автоматического проектирования и для создания любых изображений, которые в будущем должны будут масштабироваться. Это происходит с учётом того, что в векторной графике, при увеличении масштаба изображения качество картинки не портится и не наблюдается эффект, который называют «пикселизацией». Пример векторного изображения можно рассмотреть на рис. 2.

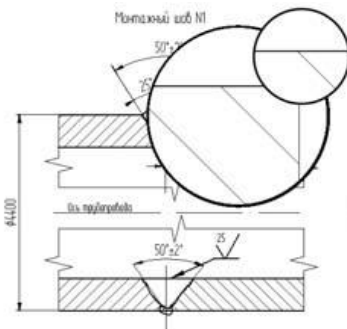


Рис. 2 Пример векторного изображения

Фрактальная графика – очередной вид представления изображения, посредством наследования каждого нового элемента определённых графических свойств предыдущих элементов. Говоря простым языком, это изображение, построенное из многократно повторяющихся одинаковых частей. Процесс наследования можно продолжать до бесконечности.

Основное свойство такого вида компьютерной графики состоит в том, что изображение при масштабировании почти не изменяется ни в геометрическом строении, ни по уровню разрешения.

Фрактальная графика в современном мире особенно популярна, ведь это один из самых необычных и лёгких способов создания сложных изображений. ведь графическому редактору нужно только задать нужную математическую формулу и указать количество повторений. Фрактальная графика незаменима при создании изображений воздушных, водных и других поверхностей. Фрактальная графика является на сегодняшний день одним из самых быстро развивающихся перспективных видов компьютерной графики. Пример фрактального изображения можно рассмотреть на рис. 3.

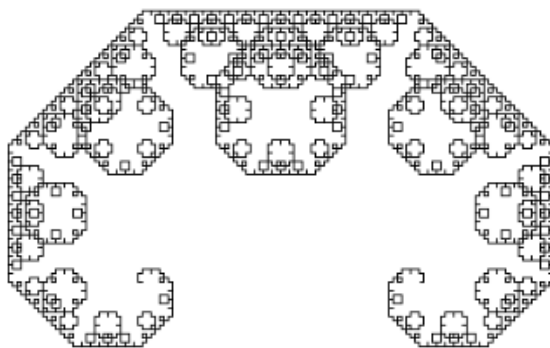


Рис. 3 Пример фрактального изображения

Трёхмерная 3D графика – один из самых сложных видов компьютерной графики, но в то же время и один из самых полезных в жизни современного человека. 3D моделирование позволяет создать объёмную трёхмерную модель с учётом многих условий, которые можно менять самостоятельно. Данный вид построения изображения имеет огромное количество преимуществ над всеми другими видами компьютерной графики. Пример трёхмерной графики можно рассмотреть на рис. 4.

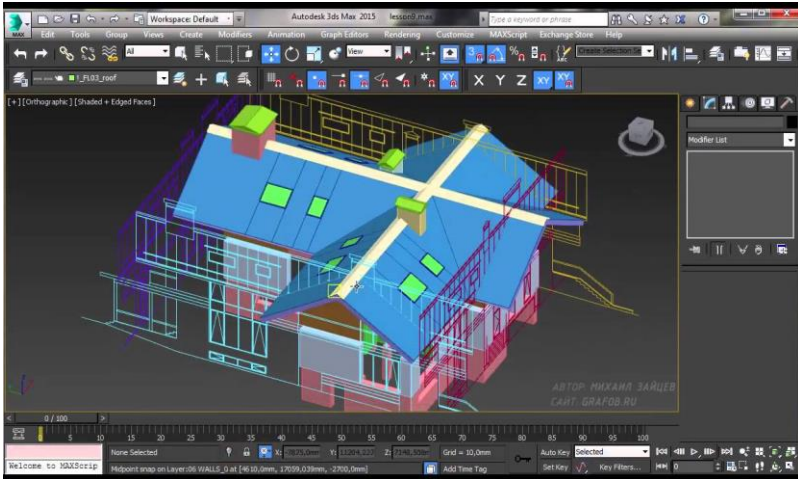


Рис. 4 Пример трёхмерной графики

Сегодня компьютерная графика является одним из самых быстроразвивающихся направлений информационных технологий: графическая информация используется почти во всех сферах жизнедеятельности человека.

Большую долю от всей графической информации, представленной в сети Интернет, занимает развлекательный контент. С помощью сайтов, онлайн игр, приложений для смартфонов и социальных сетей пользователи сети организуют своё свободное время. Интернет и графическая информация, которую общество получает с его помощью, играет существенную роль в жизни современного общества.

Компьютерная графика незаменима и в области здравоохранения. Подавляющее большинство стран мира последние 30 лет упорно старается внедрять современные информационные технологии в область медицины. И в этом процессе модернизации одно из наиболее значимых мест занимает внедрение компьютерной графики. Она активно применяется в создании моделей внутренних органов, и компьютерной томографии.

Однако развитие и использование графической информации не достигли предела, и на сегодня существует множество планов по внедрению компьютерную графику в обиход. Например, во многих странах планируется искать информацию о преступниках по фотографиям и записям видеокамер в Интернете посредством использования нейронных сетей.



Таким образом, графическая информация является очень удобным инструментом представления данных. С внедрением в обиход компьютеров начали развитие досуг и развлечения, здравоохранение, бизнес, и пр. На сегодняшний день из простых манипуляторов и теоретических предположений эта технология переросла в полноценную аппаратно-программную систему, позволяющую человеку посредством контроллеров и специального шлема очутиться в виртуальном мире и управлять находящимися там объектами. Поэтому скорость развития графических технологий высока, и с каждым годом методы представления графической информации становятся более доступными для обычного пользователя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Растровая графика // Stockers.ru: Сайт о фотобанках. URL: <http://stockers.ru/articles/rastr/> (дата обращения: 24.12.2019). Васильев В. Е., Морозов А. В. Компьютерная графика. Спб.: СЗТУ, 2005–101с. {учебное пособие}.
2. Долинин А. А. Применение компьютерной графики // Сайт Долинина Андрея Александровича — преподаватель ИКТ. URL: <http://www.dolinin-infografika.narod.ru/p0005.htm> (дата обращения: 21.12.2019). 10 YouTube Stats Every Marketer Should Know in 2020 [Infographic] {электронный ресурс} // [www.oberlo.com](http://www.oberlo.com). URL: <https://www.oberlo.com/blog/youtube-statistics> (дата обращения: 09.01.2020).
3. Компьютерная графика {электронный ресурс} // Wikipedia.org: универсальная интернет-энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная\\_графика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная_графика) (дата обращения: 08.01.2020).
4. Статистика. «Беспилотники». Google. {электронный ресурс} // ИТС.ua: Информационный портал в области ИТ. URL: <http://itc.ua/blogs/za-shest-let-bespilotniki-google-popali-v-avarii-vsego-11-raz-ni-razu-po-vine-avtomobilya/> (дата обращения: 13.01.2020).
5. Виртуальная реальность {электронный ресурс} // Wikipedia.org: универсальная интернет-энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная\\_реальность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность) (дата обращения: 13.01.2020).

*Лимощенко В.А., Кравченко Н.Ю.*

*Научный руководитель: Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. LVL- БРУС**

Объёмы производства и использования древесины и древесных материалов во многом определяются темпами развития строительной индустрии, значительную часть которой составляет деревянное домостроение. Ежегодно в России в эксплуатацию вводится 40-45 млн. м<sup>2</sup> жилья, в котором доля деревянного домостроительства не превышает 20% [1]. Но в своём первозданном виде в современном мире древесина использоваться всё реже. Его место занимают композиты, созданные из натурального сырья с применением клеящих веществ. Одним из таких материалов является LVL-брус.

Появился этот материал ещё в 60-х годах прошлого века на западе. В России начал распространяться в 2003 году и его популярность только растёт. LVL-брус (от англ. Laminated Veneer Lumber), то есть «пиломатериал из слоёного шпона», своё название получил благодаря процессу создания.

Чтобы получить LVL, используют древесину хвойных пород. Очищенные от коры бревна замачивают в горячей воде на определённое время. Эта процедура облегчает дальнейшую работу с деревом. Затем древесина подвергается лущению – роспуску на пластины толщиной не более 3 мм, называемые шпоном. После этого идёт процесс сушки с непосредственной сортировкой готовых листов. Когда влажность шпона уменьшается до нормируемого значения, листы подготавливают к склеиванию. Существуют два основных вида склеивания LVL. Самым распространённым является такой, в котором волокна каждого листа шпона располагаются параллельно друг другу. [1] Второй вид LVL напоминает фанеру, так как укреплён ещё и поперечным слоем шпона. Обычно такой способ применяется для производства перекрытий. Склеивание происходит с использованием формальдегидной смолы и последующем уплотнением изделий в прессе. После высыхания материал нарезают и маркируют. Количество слоев шпона может быть до 24, но чаще 9-12. LVL выпускают в виде плит и брусев длиной 2,5-20,5м, шириной 40-1250 мм, толщиной 24-100 мм. Безопорный пролет балок из LVL бруса может достигать 36 м, а ферм – 42 м и более [2].

Процесс производства LVL почти полностью автоматизирован. За лущение, центровку, обмер заготовок отвечает компьютерная программа, а качество шпона проверяется ультразвуком. В строительстве можно использовать только заводской брус.

Качественное сырьё и точный процесс производства позволяют получить материал, превышающий по характеристикам свои аналоги. Тонкие слои шпона в совокупности создают однородную структуру, которая улучшает свойства древесины. LVL-брус обладает высокой прочностью при горизонтальной нагрузке. Прочность на изгиб вдоль волокон 48 Мпа, прочность на растяжение 16,5-22,5 Мпа [3]. Эти показатели в 2 раза превышают прочность бруса с учётом меньших габаритов LVL (рис. 1).

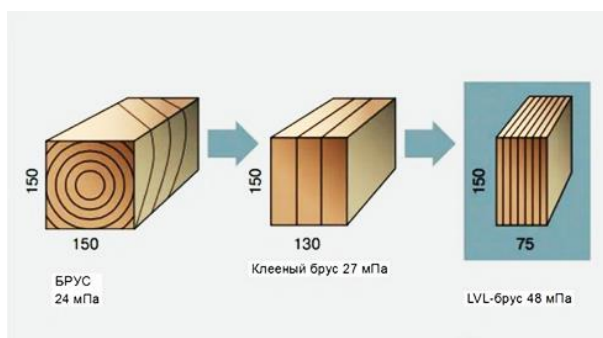


Рис. 1 Сравнение прочности на изгиб вдоль волокон для разных материалов

Из-за отсутствия открытых пор, LVL не забирает влагу из воздуха, в следствие чего он не так подвержен температурным деформации и гниению как «классическая» древесина. Его можно использовать в любой климатической зоне, включая регионы с повышенной влажностью. Отсутствие пор и повышенная слоёная структура также влияет на огнеупорность бруса. Он устойчив к возгоранию - при воздействии открытого огня брус не вспыхивает, а медленно тлеет, что позволяет дольше удерживать вес конструкции в условиях пожара. Преимущество LVL-бруса – лёгкость обработки. Как и любой другой древесный материал его легко можно обрабатывать обычными плотницкими инструментами. Важную роль играет малый вес конструкций. Для каркаса из LVL не нужен массивный фундамент. В настоящее время экологичность одно из главных требований к продукции любого вида во всем мире. Использование древесины в качестве строительного материала полностью отвечает данному требованию.

Производители LVL-бруса выделяют следующие преимущества:

- возможность снизить массу конструкции примерно на 40-50 кг для погонного метра;
- возможность создания конструкций и сооружений с высокими декоративными и архитектурными свойствами;
- высокие показатели пожаробезопасности, долговечности и прочности;
- натуральный материал из возобновляемого природного ресурса;
- малая изменяемость свойств во время эксплуатации в течении длительного времени;
- симметричная структура материала;
- влияние допускаемых пороков древесины незначительно вследствие их равномерного распределения по объёму материала;
- климатические условия, влажность окружающей среды практические не оказывают влияния на поведение материала (размеры и свойства) при эксплуатации;
- стабильность размеров и формы обеспечивают высокую точность сопряжения деталей;
- при меньших размерах сечения несущая способность выше, чем у традиционных материалов;
- хорошо сочетается с большинством промышленных тепло- и звукоизоляционных материалов;
- лёгкость обработки на традиционном оборудовании, традиционными инструментами;
- высокая скорость, лёгкость и удобство монтажа конструкций;
- может быть использован при строительстве в сейсмоопасных регионах.

Как и все строительные материалы, LVL-брус имеет недостатки. Готовые изделия выделяют пары формальдегида. При использовании некачественного бруса они могут превышать допустимые нормы, тем самым оказывая негативное влияние на здоровье жильцов. При строительстве стен из LVL необходима качественная вентиляция. Стены из такого материала не будут «дышать», что влияет на состав воздуха внутри помещения. При возведении стен также стоит обратить внимание на дополнительное утепление. Теплоизоляции LVL недостаточно, чтобы поддерживать постоянную температуру внутри помещения. Нельзя не отметить высокую стоимость данного материала. Средняя цена за кубический метр бруса может достигать 35 тысяч рублей. Это ограничивает его использование в малоэтажном строительстве, так как аналоги могут быть выгоднее даже при меньших характеристиках.

Материал применяется при строительстве таких элементов конструкций зданий и сооружений, как перекрытия (допускается использовать LVL в изделиях до 18 м без установки дополнительных опор), стропильные системы с неограниченной длиной, кровельные фермы (максимальный пролет до 42 м) и для изготовления основных элементов каркасных сооружений (стойки, распорки, связи и так далее). Помимо этого, данный материал применяется при постройке мостов, в строительстве мансардных конструкций и бассейнов, коровников и соlexранилищ, изготовлении сооружения для зимних садов и многого другого. Кроме того, конструкции из LVL используются при интерьерной отделке не только как видимые части каркасов (рис. 2), но и в качестве мебели, окон, дверей, лестниц и т. д. Это придает помещению эстетичность и изысканность, так как структура дерева остается видимой. Также конструкции из LVL нашли свое применение в районах, опасных сейсмической активностью [4].



Рис. 2 Фотография примера конструкции из LVL-бруса

На сегодняшний день в России существует два крупных производителя LVL-бруса: завод группы «Талион» в Торжке и «ЛВЛЮГРА» в Нягани (ХМАО). При этом объёмы производства составляют: Югра – до 35 тыс. м<sup>3</sup> и в Торжке – до 140 тыс. м<sup>3</sup> в год [5].

Таким образом, не смотря на более высокую стоимость LVL-бруса по сравнению с традиционными строительными материалами он конкурентоспособен по своим свойствам: малый собственный вес, а следовательно меньшая нагрузка на фундамент, высокая прочность, коррозионная стойкость, легкость монтажа даже на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями, пожаростойкость, легкость транспортировки и утилизации позволяют этому материалу соперничать на рынке труда [6]. Благодаря своим положительным качествам LVL набирает обороты среди каркасных технологий строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Повышение экологической безопасности композиционных строительных материалов из древесины // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 37-41.
2. Ключенко М.О. LVL-Брус-конструкционный материал нового поколения В сборнике: Современные тенденции в науке, технике, образовании. / Сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции. Международный научно-информационный центр «Наукосфера». 2018. С. 7-9.
3. Чирков И.А., Кантиева Е.В., Пономаренко Л.В. В сборнике: Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 379-385.
4. Хлиманков М.В., Москалев М.Б. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 1. С. 52-57.
5. Коваленко И.В. LVL-Брус - перспективный строительный материал из древесины В сборнике: Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2020 года ИЛАСиОД. Санкт-Петербург, 2021. С. 37-40.
6. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

*УДК 691-419.3*

*Лимощенко В.А., Паршина Т.В.*

*Научный руководитель: Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **СИП ПАНЕЛИ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

С появлением инновационных технологий строительства перед инженерами встаёт задача усовершенствования строительных материалов для возведения зданий и сооружений. В настоящее время к современным материалам предъявляются следующие требования:

материалы должны быть недорогими, безопасными, экологически чистыми, иметь длительный срок эксплуатации, стойкость к возгоранию, удобство в процессе монтажа или укладки. Поэтому одним из основных направлений повышения эффективности строительства является применение ресурсосберегающих материалов, изделий и конструкций [1].

Ещё в XVII веке начала развиваться каркасная технология, которая позволила значительно облегчить процесс строительства зданий. А популярность она получила только в двадцатом столетии. Первые каркасы изготавливались исключительно из древесины в силу её достаточной прочности и при этом доступной ручной обработки. Одним из наиболее выгодных решений стала Structural Insulated Panel – конструкционная изолированная панель или СИП – структурная изоляционная панель, разработанная в США в 30-х годах прошлого века. В России эту технологию начали применять с начала 2000-х годов [2].

Благодаря своему конструктиву СИП получила название «сэндвич-панель». Самым распространённым видом структурных изоляционных панелей является комбинация двух ориентированно-стружечных плит (ОСП) и теплоизоляционного материала в виде пенополистирола. ОСП выполняет функцию защиты утеплителя от внешних воздействий, а пенополистирол, обладая достаточной плотностью, обеспечивает жёсткость, а значит и прочность конструкции в целом. Скрепление листовых материалов производится посредством клеевого состава под давлением 15-19 тонн. Именно поэтому применения такого материала могут использовать как плиты перекрытия и кровли [3].

Стандартные размеры СИП панелей позволяют легко собирать любую конструкцию – 2,5 метра, ширина 0,62-1,5 метра. Что касается толщины СИП панелей, то допускается вариабельность показателей: для внешних стен 150-200 мм, для внутренних перегородок 50-70 мм, для крыш и перекрытий 100-200 мм. Поперечное давление панели в 1,5 м составляет 150-250 кг/метр; продольное давление 8-10 тонн, что является отличным физическим показателем [4].

Основными достоинствами СИП панелей по сравнению с другими материалами являются:

*Высокие теплоизоляционные качества.*

Коэффициент теплопроводности OSB-3 равен 0,12 Вт/м·К. При толщине 12 мм одного листа – сопротивление теплопередаче будет равно 0,20 м<sup>2</sup>·К/Вт. Для пенополистирола толщиной 200 мм и коэффициентом теплопроводности 0,036 Вт/м·К, сопротивление теплопередаче будет равно 5,56 м<sup>2</sup>·К/Вт. Суммарное сопротивление

теплопередачи для этой панели равно  $5,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Чтобы получить такое же сопротивление, используя в качестве стенового материала сосновый брус, нам необходимо возвести стену толщиной около 1-го метра, используя кладку из пустотелого керамического кирпича – толщина стены будет достигать более 2-х метров.

*Лёгкость монтажа.* Панель легко обрабатывается ручным инструментом, имеет паз для стыковки плит между собой с помощью замкового бруса (рис. 1).

*Лёгкий вес СИП панелей.* Плотность пенополистирола варьируется от 10 до 50  $\text{кг}/\text{м}^3$ , а листы OSB-3 имеют плотность  $650 \text{ кг}/\text{м}^3$ . При толщине утеплителя 200 мм масса 1  $\text{м}^2$  СИП панели максимально может достигать 26 кг, что значительно легче остальных стеновых материалов.

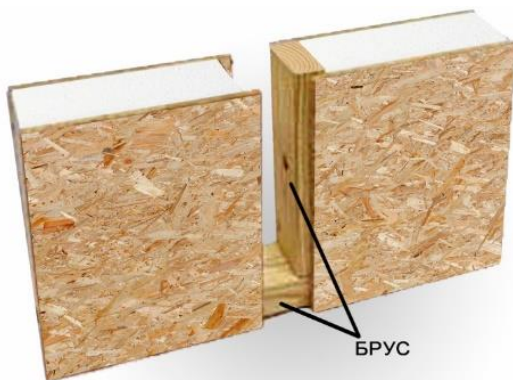


Рис. 1 Стыковка СИП панелей замковым брусом

*Пожаробезопасность.* Пенополистирол относится к классу горючести Г-2, при условии содержания антипиренов, является материалом, не поддерживающим горение, что способствует самозатуханию пенополистирола без воздействия на него открытого огня. OSB больше подвержена горению из-за входящей в состав плиты древесной стружки, в следствии чего она легко воспламеняется, что вынуждает отнести ее к классу Г-4. Производители решают эту проблему путём добавления в состав борной кислоты, либо дополнительной пропиткой плит огнезащитным составом.

Рассмотрим недостатки технологии СИП.

Высокая способность к теплоизоляции может стать минусом. При отсутствии, или при неправильном проектировании вентиляции, ограничивается приток свежего воздуха, что может способствовать органическим повреждениям древесины – образованию грибка,



вредного для человеческого организма. Отсутствие вентиляции может привести к гниению панелей, что поспособствует потере несущей способности конструкции.

Шумоизоляция. Технология СИП позволяет использовать стены и перегородки малой толщины, что пагубно отражается на уровне шумоизоляции помещения. Для решения проблемы приходится использовать шумоизолирующие материалы, которые усложняют процесс строительства.

Особое внимание к стыковке панелей. При обследовании собранного каркаса тепловизором можно заметить потери тепла на швах панелей. Следовательно, необходимо технологично производить стыковку панелей между собой, с возможным применением герметиков.

В сравнении с обыденными материалами можно выделить следующие недостатки: более высокая горючесть, чем у кирпичных домов; меньшая несущая способность, чем у бетонных каркасов. [5]

На Российском рынке уже закрепились множество крупных фирм, качество продукции которых успешно проходят сертификацию. Одной из таких является «Хотвелл» – это самый мощный по объемам выпускаемой продукции и наиболее оснащенный спецоборудованием завод по производству домов из СИП панелей в России. СИП панели «Хотвелл», облицованные ГВЛ толщиной 12,5 мм в один слой, прошли официальные лабораторные испытания и сертифицированы на класс пожарной опасности K1(45) – малопожароопасные. Предел огнестойкости E60. По результатам испытаний для конструкции из СИП панелей производства компании «Хотвелл» с облицовкой гипсокартоном по OSB-3 установлен предел огнестойкости R60 (не менее 60 мин). Если панели «Хотвелл» облицевать гипсовыми плитами в 2 слоя, то предел огнестойкости возрастает до 90 минут (предел огнестойкости E90). Эти испытания позволяют сделать вывод о качестве производства технологии СИП на российском рынке.

Достойными конкурентами компании «Хотвелл» являются: «Экоевродом»; «АртСтройДизайн»; «Экосип»; «Гарус» Популярность этих компаний с самого начала появления СИП показывает, что такие технологии не только имеют место быть на строительном рынке, но и могут конкурировать с такими традиционными строительными материалами, как древесина, кирпич и бетон.

СИП панели – это интересный, а самое главное универсальный продукт, который применяется при строительстве каркасных конструкций. Каркасное строительство с использованием СИП панелей обладает несомненными преимуществами перед многими технологиями строительства. Экономичность, скорость и лёгкость

возведения являются важными аспектами как для застройщиков, так и для потребителей. Как и у всех технологий, у СИП присутствуют минусы. В основном, они выражаются в малой осведомлённости строителей в данной технологии. Каркасное строительство мало распространено по сравнению с другими технологиями. Обращение к профессиональным застройщикам позволит получить качественное, экономичное и надёжное жильё для комфортного и долгосрочного пользования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.
2. Граник М.Ю. Применение конструкционно-теплоизолированных панелей для наружных стен // Журнал "Строительные материалы" 2015. №5. С.45-47.
3. Ульянцева О.А. Преимущества применения сип-панелей в строительстве / Актуальные вопросы в науке и практике: сб. материалов конф. V международной научно-практической конференции (Самара 1 февраля 2018 г.), 2018. С. 53-56.
4. Панова Е.А. Материалы в современном строительстве. ООО «Гамма Пресс-2000», 2000. 224 с.
5. Николенко К.С. Инновации в строительстве. СИП панели / Международный студенческий строительный форум-2017: сб. материалов: в 2 томах. Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. Т. 2. С. 326-329.

**УДК 69.055**

*Маклецова А.А.*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.  
Белгородской государственной технологической университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

В связи с ростом динамичности ритма жизни в современных мегаполисах, понятие «время» приобретает особое значение в функционировании города. Актуальными становятся подвижность,

легкость, изменяемость в противовес постоянству и стабильности [1]. Количество строительных объектов постоянно растет, а современные строительные компании при возведении зданий все чаще используют одну или несколько подрядных организаций, выполняющих различные виды работ. В таких условиях у руководства генерального подрядчика остро стоят вопросы обеспечения контроля работы подрядных организаций [2]. Организации постоянно несут убытки, которые снижают рентабельность и ухудшают эффективность проводимых работ. Чтобы избежать этих проблем и существенно сократить непредвиденные издержки, целесообразно внедрять мониторинг за строительной площадкой. Они позволяют точно определять местоположение оборудования и сотрудников, и контролировать использование активов при проведении строительных работ [3].

Существует несколько способов мониторинга строительной площадки, такие как: использование камер видеонаблюдения; системы регистрации персонала; использование экшен-камер; GSM-трекеры и с помощью смарт-часов.

1. С помощью камер видеонаблюдения. Данная технология разработана и применяется в России уже на многих строительных площадках. Компании создают камеры, которые могут следить за этапом и процессом стройки (рис. 1), а также за рабочими на строительной площадке, при этом передавать все данные на прямую в строительные организации и заказчику через специальные программные комплексы или специальные сайты [4].

По-другому использование камер так же называется системой телемониторинга. Сигналы со всех видеокamer поступают на компьютер с программно-аппаратным комплексом системы мониторинга, осуществляющий их запись и дальнейшую обработку с помощью центра мониторинга [5].

Система телемониторинга обеспечивает три основных, параллельных режима отслеживания:

- проходы или проезды;
- оборудованные в периметральном ограждении;
- зоны хранения строительных материалов и т. п.

Телевизионные камеры (высокой четкости, с режимом работы день/ночь), установленные в этих местах, ведут круглосуточную запись изображения, что позволяет более эффективно следить за работой сотрудников на строительной площадке, что позволит в будущем найти способы увеличить продуктивность и работоспособность на строительной площадке [2].



Рис. 1 Структура телемониторинга строительной площадки [6]

2. Системы регистрации персонала (рис. 2). Стандартные точки прохода на объект могут быть как полноценные КПП или турникеты. В последнее время она всё больше и больше стали обживать новыми технологиями и становятся автоматизированными.

Раньше данный контроль вёлся только с помощью ручной записи, но с развитием технологий системы научились вести контроль рабочего времени сотрудников и определять каждого по личным картам и карманным устройствам, что значительно сократило время входа и улучшило контроль за рабочим персоналом не только строительной площадки, но и обычных компаний.

Например, турникет Eхon.СКУД распознает сотрудников по лицам с помощью технологии Face ID (биометрическая система контроля доступа), что является явным плюсом. Систему невозможно обмануть с помощью фото или видео — необходимо личное присутствие [7], что в разы увеличивает правильность полученных данных и точность отслеживания.

Основные функции системы:

- обеспечение ежедневной регистрации персонала на входе и выходе, позволяет без лишних усилий верти отслеживание присутствие сотрудника на рабочем месте, а также в будущем автоматически выводить опоздание и количество часов на рабочем месте;
- управление доступом персонала (при наличии турникетов, замков или других средств ограничения доступа), позволяет

контролировать определенные участки производства и выдавать доступ в эти зоны, только определенным людям;

– формирование отчетов для всех заинтересованных лиц (бухгалтерия, подрядчики, КРУ, служба безопасности), что значительно сокращает время, затраченное на сбор и анализ информации [8].

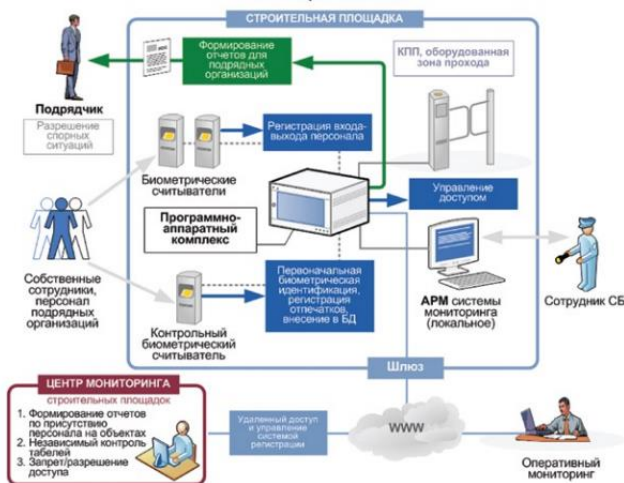


Рис. 2 Структура системы регистрации персоналом [6]

3. С помощью экшен-камеры. Данный способ заключается в том, что каждому сотруднику выдают индивидуальную небольшую видеокamerу, которая цепляется на груди или к каске и можно отслеживать все действия сотрудников и процесс выполнения им поставленных задач [4]. Главным минусом этого способа является дороговизна продукции, так как не каждая организация готова себе позволить покупать для каждого сотрудника камеру, а также вести учет дополнительного оборудования. Помимо этого, данная система включает в себя наличие дополнительного помещения, хранение и подзарядки видеокamer.

Данная технология позволяет:

– улучшить контроль за процессом выполнения работы рабочими, так как каждый процесс, который будет выполнять строитель, будет записываться и контролироваться [5];

– отслеживание местонахождения рабочего. ПО камерам можно отследить не только что делает рабочий, но и где он находится в рабочее время.

4. С помощью GSM-трекеры. Для определения местоположения работников применяются любые компактные устройства, которое умеет позиционировать себя в пространстве, например, такие как GSM-трекеры. Они включают в себя модуль мониторинга, который позволяет в реальном времени отслеживать местонахождение с точностью до метра. Это могут быть как браслеты, так и простое предложение на смартфон, что и делает данную систему легкой и доступной.

Например, карточки и брелоки с поддержкой GPS уже зарекомендовали себя на строительных объектах разных компаний. При этом для контроля мобильных сотрудников используются обычные смартфоны, которые сегодня есть у большинства. Но задачи в сфере мониторинга строительства полностью они не охватывают, ведь их основная функция заключается только в отслеживании строителей с помощью спутниковой системы [6].

5. С помощью смарт-часов. Представляют собой наручные часы, похожие на фитнес-браслеты, которые позволяют мониторить некоторые факторы. На данный момент одна из лидирующих систем контроля персонала – Exon Smart Watch [9]. Она закрывает множество потребностей и большую часть задач для контроля за людьми на строительном участке.

Смарт-часы имеют уровень защиты IP67, что подходит для строительных работ. Они удобно закреплены на запястье (в отличие от карточек, которые можно потерять) и могут полностью заменить основные функции смартфона, такие как отслеживание.

Главная особенность смарт-часов, таких как Exon Watch – определение человека по лицу. Технология Face ID гарантирует личное присутствие работника, что почти полностью заменяет систему регистрации персоналом. Также система имеет Indoor-навигацию на базе iBeacon, которая позволяет отслеживать перемещение сотрудников внутри помещения [6].

Система с настраиваемыми в любой момент виджетами позволяет выбрать только необходимые показатели:

- учет рабочего времени и автоматическое заполнение табеля;
- группировка работников по профессиям;
- оповещение о падении или бездействии;
- точный онлайн-просмотр местонахождения и история передвижения работников за любое время.

Среди способов мониторинга рабочих существует много цифровых систем, которые поднимают уровень безопасности и качества. Российские строительные компании уже используют

некоторые из приведённых систем, а также создают уже свои новые виды мониторинга строительной площадки.

Проведя анализ уже существующих способов мониторинга можно выделить лучший по множеству показателей – это смарт-часы. Они совмещают себе функции всех других систем, что позволяют сделать вывод о его преимуществе относительно других способов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.

2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Нормативно-правовое регулирование жилищного строительства в России // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 196-205.

3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве. – Белгород, 2018.

4. Гаврилов А. Н., Чунюк Д. Ю., Грязнова Е. М. Геотехнический мониторинг в строительстве. Москва, Изд-во НИУ МГСУ, 2017. -81 с.

5. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

6. Леденёв В.В., Ярцев В.П. Обследование и мониторинг строительных конструкций, зданий и сооружений. Тамбов, Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ» 2017. – 253 с.

7. Система мониторинга и обеспечения безопасности строительных площадок от компании iSES Building Site [Электронный источник] : [http://www.ises.ru/images/solutions/monitoring\\_rus.pdf](http://www.ises.ru/images/solutions/monitoring_rus.pdf)

8. Котельников В.С. Методическое пособие «Строительный контроль». ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность»» Москва, 2010 – 500 с.

9. Система мониторинга работы персонала с помощью смарт-часов [Электронный источник] : <https://exon-smart.com/>

Мельников Р.В.

Научный руководитель: Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

### ПЕРЕКРЕСТНО-СТЕРЖНЕВЫЕ (СТРУКТУРНЫЕ) КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ, МЕТОДЫ ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ И ВАРИАНТЫ ОПИРАНИЯ

Перекрестно-стержневые называются пространственные конструкции покрытия, состоящие из связанных между собой в узлах пересечения балок или ферм, работающих на изгиб в двух или более направлениях. В зависимости от формы и характера соединения этих элементов перекрестно-стержневые конструкции можно разделить на перекрестные балки и фермы, перекрестно-стержневые плиты, пластинчато-стержневые системы [5].

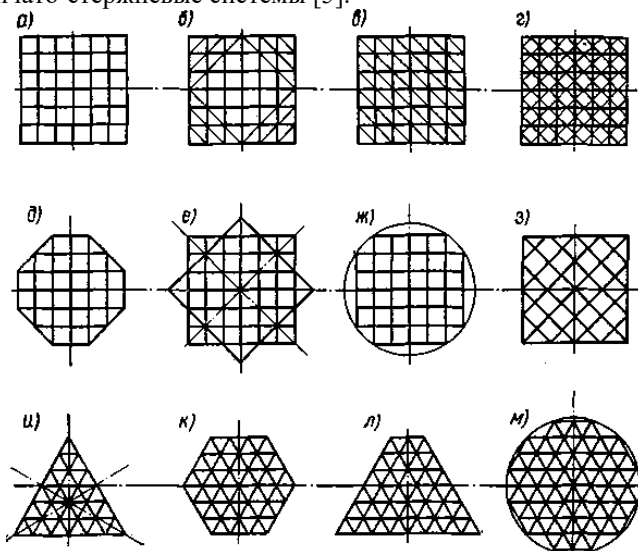


Рис. 1 Основные схемы покрытий из вертикальных перекрестных балок и ферм

Перекрестные балки или фермы состоят из вертикальных пересекающихся в двух или трех направлениях ребер (балок или ферм) (рис. 1.) [2].



В зависимости от расположения ребер по отношению к сторонам перекрываемого плана различают ортогональные; диагональные и треугольные системы [1].

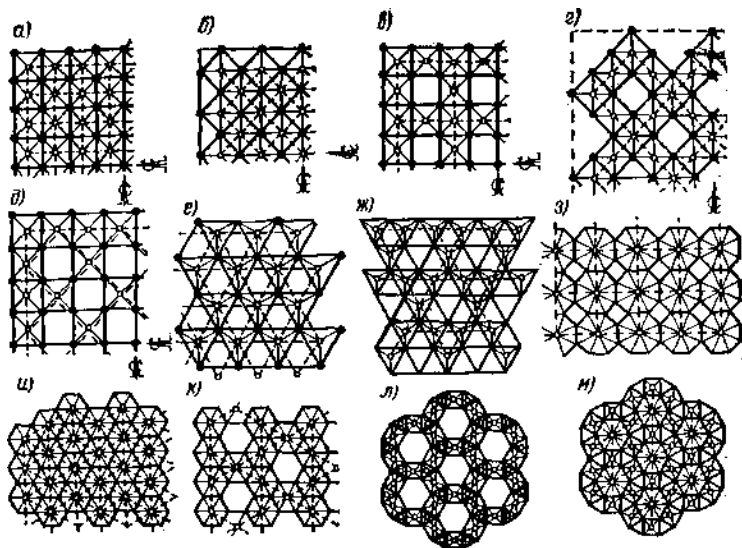


Рис. 2 Схемы перекрестно-стержневых конструкций из провалных и полуправильных многогранников

Структурные пластины - это структуры, состоящие из многократно повторяющихся элементарных ячеек (пирамид, призм и т.д.), построение которых основано на законах кристаллографии (рис. 2). Такие структуры называются регулярными системами. В случае нарушения геометрической структуры, например, наличия отдельных пропущенных полос в зонах конструкции с зенитными огнями, системы становятся нерегулярными, а в случае организованной нерегулярности - дифференцированными. В современной строительной практике более распространены правильные ортогональные стержневые системы на основе пятигранника (полуоктаэдра) и правильные на основе равносторонних треугольников-тетраэдров. Расположение колонн на плане и расстояния между ними назначаются в зависимости от конфигурации пространственного каркаса покрытия на плане и функционального назначения здания. При этом они руководствуются следующими принципами [9].

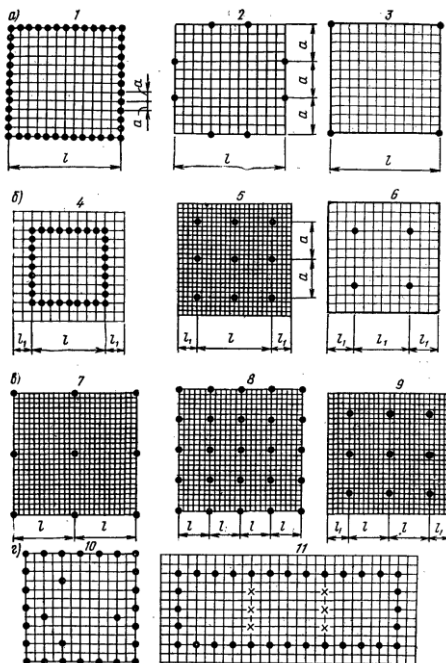


Рис. 3 Варианты (1-11) опирания перекрестно-стержневых пространственных конструкций: а – контурное; б – внутриконтурное; в – комбинированное; г – свободное.

При перекрытии вытянутых планов с соотношением сторон более 1:2 рекомендуется делить конструкцию на участки, близкие к квадрату, и по линии стыка устанавливать опоры или подстропильные конструкции (рис.3). В качестве подстропильных конструкций могут быть использованы балки, фермы или рамы, арочные конструкции с надстройками, ванты [8].

Подстропильные конструкции в зависимости от их типа, назначения здания и других факторов располагают по отношению к пространственной конструкции в одном уровне с ней, сверху или снизу [6].

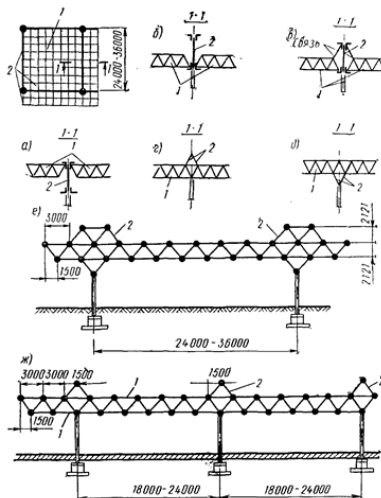


Рис. 4 Варианты опирания перекрестно-стержневой пространственной конструкции (1) на подстропильные фермы (2)

#### Монтаж структурных покрытий

Способы сокращения времени сборки и монтажа пространственных конструкций зависят от их конструктивных особенностей и пространственно-планировочных решений возводимых зданий. Блоки для нанесения покрытия монтируются на стеллажах на месте подъема или за пределами места установки, либо на транспортной линии с последующей доставкой блока к месту установки. Увеличение стойки в месте проведения подъемных работ осуществляется в следующей последовательности. Устанавливаются концевые балки и элементы нижней планки, затем собираются элементы верхней планки, и последними являются косые элементы, примыкающие к нижней и верхней планке. Каждый блок увеличен от центра к краям. После сборки и выравнивания укрупненного блока устанавливаются балки и профилированные перекрытия. Увеличение на стеллаже вне места установки, работы выполняются в том же порядке, а затем увеличенный блок перемещается на тележках стеллажа в зону установки, на свободном пространстве начинаются работы по увеличению следующего блока [4].

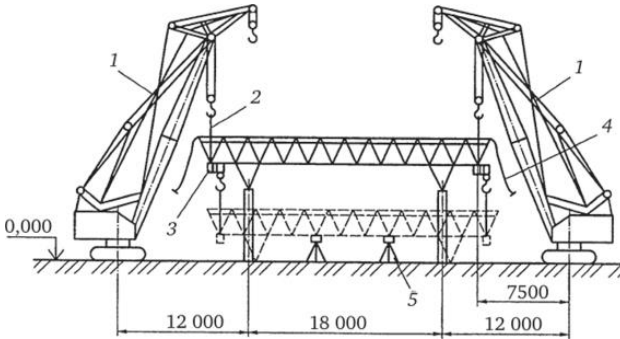


Рис. 5 Схема монтажа блока покрытия двумя кранами:

1 — монтажный кран; 2 — строп; 3 — траверса; 4 — оттяжки; 5 — временная опора

Опорный блок крепится сразу после установки блока с помощью лестниц, подвешенных на головках колонн. Опорные элементы капителей приварены к головке колонны или закреплены другим способом. Блоки перекрытия могут монтироваться с помощью двух стропил, установленных с двух его противоположных сторон (рис. 5). Этот метод чаще всего применяется в отдаленных районах или при отсутствии кранов необходимых параметров. Если конструктивное покрытие опирается на ранее выполненные строительные конструкции, а отсутствие прочного плоского основания не позволяет осуществить полноценный монтаж на уровне земли, монтаж осуществляется методом горки с осадкой, покрытие монтируется на специальном стенде, расположенном на строительной отметке. Для перемещения собранных панелей покрытия прокладываются дорожки от двутавровых балок к временным металлическим опорам переменной высоты. Готовая панель перемещается на расстояние, равное ее ширине, а затем увеличивается в размерах за счет закрепления следующей собранной панели на освобожденной подставке [7].

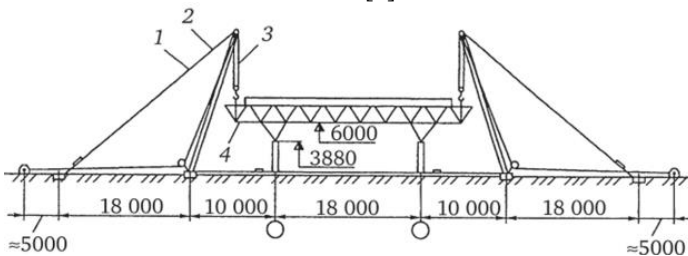


Рис. 6 Подъем блока размерами 30x30 м шеврами:

1 — шевр; 2 — расчалка шевра; 3 — грузовой полиспаст; 4 — траверса

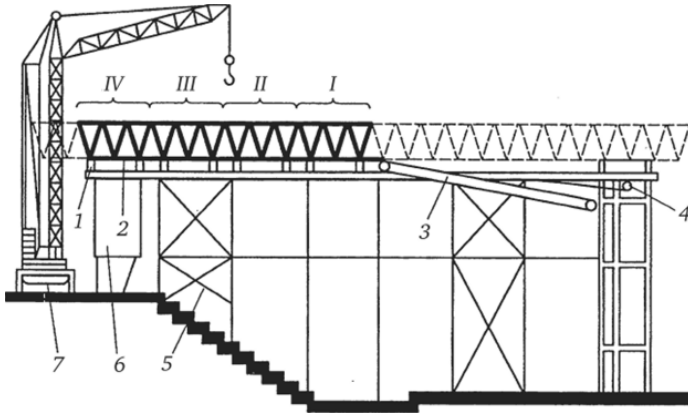


Рис. 7 Монтаж структурного покрытия надвижкой с наращиванием:  
 1 — сборочные подмости; 2 — надвигаемый блок; 3 — пути надвижки;  
 4 — лебедка; 5 — временная эстакада; 6 — построенная часть здания; 7 —  
 монтажный кран

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Снарский В. И. Технология возведения большепролетных конструкций: учеб. пособие / В. И. Снарский, С. В. Снарский; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов: СГТУ, 2009. - 167 с.
2. Торкатюк В.И. Монтаж конструкций большепролетных зданий / В.И. Торкатюк. - М.; Стройиздат, 1989. - 170 с.
3. Канчели Н.В. Строительные пространственные конструкции: Издание второе переработанное и дополненное. Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2008. - 128 с.
4. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01 - 87. М.: Минрегион России, 2012. - 161 с.
5. Кочерженко В.В. Технология возведения зданий и сооружений: учеб. пособие / В.В. Кочерженко. -2-е изд. перераб. и доп. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. - 240 с.
6. Гребенник Р.А. Организация и технология возведения зданий и сооружений: Учеб. пособие для вузов / Р.А. Гребенник, В.Р. Гребенник. - М.: Высш. шк., 2008. - 304 с.
7. Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. для вузов / Теличенко В.И., Лапидус А.А., Терентьев О.М. и др.: - М.: Высш. шк.; 2001. - 320 с.

8. Швиденко В.И. Монтаж строительных конструкций: Учеб. пособие для вузов по спец. «Пром. и гражд. стр-во». – М.: Высш. шк. 1987. – 423 с.

9. Мельников Р.В. Технологические особенности пространственно-стержневых покрытий зданий/ Мельников Р.В. Инновационная наука №11-2/2022

*УДК 693.1*

*Мигулина А.А.*

*Научный руководитель: Литовкин Н.И., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И МЕТОДАХ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ ПРОСТЕНКОВ СТРОЯЩЕГОСЯ ОБЩЕСТВЕННОГО 2-ЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ПОСЕЛКЕ РАКТИНОЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Проведение настоящих обследований вызвано необходимостью установления степени технического состояния, несущей способности, пространственной жесткости, устойчивости и надежности несущих и ограждающих конструкций здания в связи со смещением осей при разбивке здания, и, разработки методов и конструкций их усиления [1].

При изучении объемно-планировочного и конструктивного решений здания по материалам разработанного проекта и выполнении натурных обследований установлено, что исследуемое 2-этажное нежилое здание в п. Ракитное запроектировано и возведено в плане «Г-образным» с неполным каркасом, 3-4-пролетным (пролеты 4,2 м, 6,0 м, 6,3 м и 5,1 м) с шагом в продольном направлении внутренних кирпичных столбов каркаса – 6,0 м и 4,8 м. Общие размеры здания в плане 21,6х28,8 м. На участке здания устроено подвальное помещение высотой 2,6 м. Высота 1-го этажа – 4,5 м, 2-го – 4,8 м. Отметка плоского совмещенного покрытия над 2-м этажом – 9,9 м. Здание оборудовано лестничной клеткой и одним лифтом.

На момент обследования возведены наружные и внутренние стены и столбы, перегородки, ведутся работы по устройству внутренней отделки здания.

Фундаменты – буронабивные бетонные сваи с монолитным железобетонным ростверком. Стены подвала – сборные бетонные блоки марки ФБС. Наружные стены – кладка толщиной 380 мм из силикатного

кирпича на сложном растворе с утеплением «Урсой» толщиной 80 мм и устройством вентилируемых фасадов. Внутренние стены – кладка толщиной 250 мм из силикатного кирпича на сложном растворе.

Стены лестничной клетки и лифтовой шахты – кладка толщиной 380 мм из силикатного кирпича на сложном растворе. Внутренние кирпичные столбы сечением 640х640 мм – кладка из силикатного кирпича на сложном растворе.

Междуэтажные перекрытия и совмещенное покрытие – сборные железобетонные многопустотные плиты по сборным железобетонным прогонам. Кровля – плоская, рулонная.

Оконные и дверные блоки – из ПВХ профилей (на время проведения обследования не устроены). Внутренняя отделка – не выполнена. Наружная отделка – вентилируемый фасад с облицовкой керамогранитными плитами. Отмостка – не устроена.

Конструктивное решение здания – жесткое. На продольные наружные и внутренние несущие стены, поперечные рамы из кирпичных столбов и сборных железобетонных прогонов опираются жесткие диски из сборных многопустотных железобетонных плит междуэтажных перекрытий и совмещенного покрытия.

Пространственная жесткость здания в целом обеспечивается жесткой заделкой наружных и внутренних стен в фундаментах, продольными рамами, стенами лестничной клетки и лифтовой шахты, жесткими дисками железобетонных междуэтажных перекрытий и совмещенного покрытия.

Проведенный анализ объемно-планировочного и конструктивного решений здания показал, что они и примененные при его возведении строительные конструкции, материалы и изделия являются традиционными, общепринятыми и каких-либо существенных замечаний по поводу своей правильности и надежности не вызывают [2].

В основном техническое состояние устроенных конструкций здания является удовлетворительным, исправным и работоспособным. Но в результате проведенных натурных визуальных обследований были установлены в несущих конструкциях отдельные дефекты, которые могут существенно снизить несущую способность и надежность несущего каркаса здания.

Установлено, что при разбивке осей здания в поперечном направлении была допущена их сбивка, в результате чего произошло смещение сборных железобетонных продольных прогонов междуэтажных перекрытий относительно центральных осей кирпичных

столбов. При этом образовавшиеся эксцентриситеты прогонов из плоскости рам достигают 90 мм [3].

Установлено так же, что сборные железобетонные прогоны перекрытий опираются не на проектные сборные железобетонные подушки высотой 220 мм, а на тонкие металлические распределительные листы толщиной 16 мм. По свидетельству руководителей подрядной строительной организации, такая замена опорных деталей прогонов была согласована с проектной организацией.

Осмотр качества кладки наружных и внутренних стен и столбов показал следующее. Кладка наружных и внутренних стен не имеет видимых повреждений и дефектов – трещин и сколов. Толщина в горизонтальных и вертикальных швах кладки на отдельных участках стен и столбов достигает 25 мм при проектной 10-12 мм [4].

Наиболее напряженные элементы кладки не имеют вертикальных трещин и выгибов. Однако небольшие отклонения от вертикали до 15 мм есть как при устройстве столбов, так и наружных и внутренних стен. Каких-либо фактов и дефектов, свидетельствующих о перенапряжении и потере устойчивости конструкций, на участках здания без смещения осей при разбивке здания, не обнаружено. Кладка не увлажнена. Размораживания и выветривания кладки нет. Конструкции (стены и столбы) удовлетворяют предъявленным к ним требованиям.

При определении неразрушающими методами контроля прочностных свойств материалов кладки наружных и внутренних стен и столбов установлено, что средняя прочность на сжатие составляет [5,6]:

— кладки стен двух этажей из силикатного кирпича – 15,3 МПа (марка М-150);

— сложного раствора – 7,8 МПа (марка М-75).

Поперечное сечение прямоугольных сборных железобетонных прогонов равно 120х400 мм и соответствует проекту.

Средняя прочность на сжатие бетона сборных железобетонных прогонов пролетом 3,2 м междуэтажных перекрытий составляет 26,8 МПа, что соответствует классу бетона В 20, а пролетом 6,0 м – классу В25. То же, бетона сборных железобетонных плит совмещенного покрытия и междуэтажных перекрытий – 33,4 МПа, что соответствует классу бетона В30, что соответствует требованиям проекта.

Проведенный анализ результатов визуальных и приборных исследований, статических и конструктивных расчетов конструкций показал, что техническое состояние кирпичных столбов с внецентренным нагружением их прогонами вследствие смещения с



разбивочных осей является неисправным и ограниченно работоспособным.

Выполненные статические и конструктивные расчеты кладки наиболее нагруженных столбов с максимальными эксцентриситетами в 90 мм 1-го этажа показали, что их расчетная несущая способность в результате силового перенапряжения расчетными нагрузками будет недостаточной. Напряжения в кладке наиболее нагруженных столбов от расчетных нагрузок существенно превышают расчетное сопротивление в 20 кг/см<sup>2</sup> для кладки из силикатного кирпича марки М 150 на сложном растворе марки М 75. Поэтому несущая способность и надежность всех внутренних несущих кирпичных столбов с устроенным эксцентричным опиранием прогонов перекрытий и покрытия с металлическими опорными пластинками-подкладками должны быть повышены, а столбы должны быть усилены.

Расчеты показали, что расчетная нагрузка на 1 п. м. одного прогона пролетом 3,2 м из тяжелого бетона класса В20 будет составлять 4000 кг, что не превышает его расчетной несущей способности. Точно также, результатами расчетов установлено, что расчетная несущая способность одного прогона пролетом 6 м является достаточной для восприятия расчетных нагрузок, действующих на междуэтажные перекрытия и покрытие. Следовательно, все смонтированные сборные железобетонные прогоны междуэтажных перекрытий и покрытия в усилении не нуждаются.

На основании всего вышеизложенного можно прийти к следующим выводам:

1. Техническое состояние несущих и ограждающих конструкций обследуемого нежилого здания – фундаментов, наружных и внутренних стен и перегородок, междуэтажных перекрытий, совмещенного покрытия, лестниц и перемычек в основном является исправным и работоспособным. Существенных трещин, прогибов, повышенных деформаций и осадок в них нет. Исключение составляет лишь неисправное, частично работоспособное состояние внутренних кирпичных столбов, оказавшихся в результате несимметричной укладки сборных железобетонных прогонов перекрытий и покрытия внецентренно нагруженными, противоречащими проектному решению. Несущая способность и надежность этих столбов недостаточны.

2. Основными причинами неудовлетворительного состояния и снижения несущей способности и надежности этих столбов являются ошибки при разбивке осей здания и применение для опирания сборных железобетонных прогонов перекрытий и покрытия тонких

металлических подкладок вместо проектных высоких сборных железобетонных подушек.

3. Для создания нормальных безопасных условий эксплуатации здания указанные внутренние несущие кирпичные столбы нуждаются в усилении.

4. Наиболее надежно и экономически целесообразно усиление внутренних кирпичных столбов выполнить в виде металлических обойм длиной 1,5 м, подведя под низ сборных железобетонных плит перекрытий и покрытия. Эти обоймы должны состоять из стальных равнобоких уголков 63х5 и полос 5х60 мм, располагаемых через 300 мм по высоте обойм и приваренных к уголкам швами с высотой катета 5 мм электродами Э-42. Уголки должны быть прижаты к углам столбов на пластичном цементном растворе марки М150 струбцинами. К поверхностям обойм должна привариваться стальная штукатурная сетка с последующим оштукатуриванием ее цементным раствором марки М 75 толщиной 30 мм.

5. Все остальные несущие и ограждающие конструкции здания находятся в удовлетворительном техническом состоянии и в усилении и ремонте не нуждаются.

6. Пространственная жесткость, несущая способность, устойчивость основных несущих и ограждающих конструкций достаточны, а надежность всего здания в целом обеспечена.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / Госстрой России, М. 2004. – 27 с.

2. Донченко О.М., Литовкин Н.И., Салтанова Е.В. О техническом состоянии и усилении наружных стен здания культурного наследия «Церковно-приходская школа» в с. Ютановка Волоконовского района белгородской области // В сборнике докладов «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2021. С. 15-18.

3. Бойко М.Д. «Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий» / Ленинград, СИ., 1995 г. – 252 с.

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2018. – 73 с.

5. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Общие положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003\* /

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2018. – 155 с.

6. СП15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции. / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2020. – 155 с.

*УДК 69*

*Мишенин В.Н.*

*Научный руководитель: Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НАГРУЗКИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ СЖАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Сжатые конструкции, такие как колонны и балки, являются важным компонентом многих строительных и инфраструктурных систем. Длительная эксплуатация железобетонных конструкций может привести к возникновению систематических неблагоприятных факторов в этих конструкциях [1]. Собственные частоты этих конструкций имеют решающее значение для определения их динамического отклика и стабильности при различных нагрузках и условиях окружающей среды.

Одним из важных факторов, влияющих на собственные частоты сжатых конструкций, является изменение нагрузки с течением времени [2]. Колебания нагрузки могут быть вызваны различными источниками, такими как перепады температуры, дорожное движение, ветер и землетрясения [3]. Влияние этих изменений на собственные частоты сжатых структур является сложным, и его может быть трудно точно предсказать.

Чтобы понять влияние изменений нагрузки на собственные частоты сжатых конструкций, инженеры и исследователи используют математические модели. Эти модели имитируют динамическую реакцию конструкции при различных нагрузках и дают представление о влиянии изменений нагрузки на собственные частоты.

Рассмотрим несколько программ, в которых можно проектировать модели элементов для расчета собственных частот.

Программный пакет COMSOL Multiphysics. Данный комплекс позволяет рассчитывать частоты собственных колебаний, учитывать

температурные эффекты, так же изменять геометрические параметры, что бы смотреть как это влияет на изменения частот.

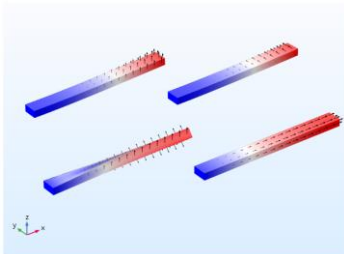


Рис. 1 Модель балки в програмном пакете COMSOL Multiphysics.

Еще одна программа, в которой можно учитывать влияния нагрузок на собственные частоты является SOLIDWORKS. Чтобы учесть влияние нагрузок в плоскости на жесткость модели, выберите.

Активация параметра “Влияние нагрузок на собственные частоты” приводит к тому, что свойства жесткости становятся функцией статических нагрузок и деформированной формы.

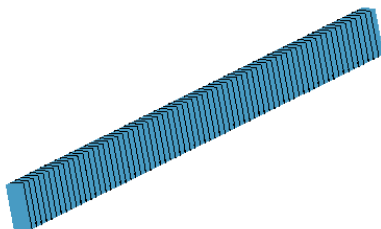


Рис. 2 Модель балки в програмном пакете SOLIDWORKS

Третья программа в которой можно запроектировать модель для эксперимента это AutodeskInventor.

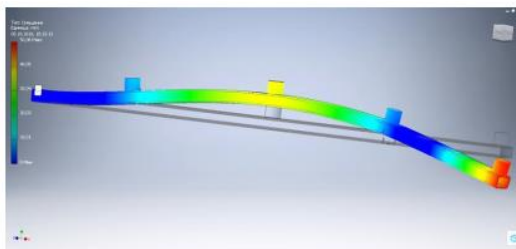


Рис. 3 Модель стержня с датчиками в AutodeskInventor [4]

На данном рисунке изображена модель твердотельного стержня датчиками и трещиной. Один конец стержня зафиксирован от поворотов [4].

Существует несколько различных подходов к моделированию влияния изменений нагрузки на собственные частоты сжатых конструкций [5]. Один из подходов заключается в использовании линейных динамических моделей, которые предполагают, что конструкция ведет себя линейно при любых нагрузках. Эти модели просты и эффективны с точки зрения вычислений, но они могут неточно отражать сложное поведение конструкций при экстремальных нагрузках.

Другой подход заключается в использовании нелинейных динамических моделей, которые учитывают нелинейное поведение конструкции при различных нагрузках. Эти модели более сложны и требуют больших вычислительных затрат, но они обеспечивают более точное представление о поведении структуры.

Экспериментальные исследования также могут быть использованы для изучения влияния изменений нагрузки на собственные частоты сжатых конструкций. В этих исследованиях конструкция подвергается ряду нагрузок, а собственные частоты измеряются с помощью таких приборов, как акселерометры и тензодатчики. Результаты этих экспериментов можно сравнить с предсказаниями математических моделей, чтобы подтвердить их точность.

В заключение следует отметить, что на собственные частоты сжатых конструкций влияют многие факторы, включая колебания нагрузки. Чтобы точно предсказать собственные частоты этих структур, инженеры и исследователи используют математические модели и экспериментальные исследования. Эти исследования помогают улучшить наше понимание динамического поведения сжатых конструкций и предоставляют ценную информацию для проектирования и обеспечения безопасности зданий и других инфраструктурных систем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Е.Г., Крючков А.А. Экспериментальные исследования трещиностойкости сборно – монолитных изгибаемых железобетонных элементов / Е.Г. Смоляго, А.А. Крючков // Строительство и реконструкция. — 2010. — № 1. — С 47-54.
2. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н. Особое предельное состояние железобетонных конструкций и его нормирование / Н.Н. Трекин, Э.Н.

Кодыш // Промышленное и гражданское строительство. — 2020. — № 5. — С. 4-9.

5. Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р. Динамика и устойчивость сооружений: Учебное пособие. – 2-е перераб. изд. / Р.А. Шакирзянов, Ф.Р. Шакирзянов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2015. – 120 с.

3. Гаврилов А.А., Гребенюк Г.И., Максак В.И., Морозов Н.А. Исследование частот собственных колебаний металлического стержня с моделированием трещины / А.А. Гаврилов, Г.И. Гребенюк, В.И. Максак, Н.А. Морозов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2021. — № 2. — С. 56-64.

4. Железнякова Е.А. Определение собственных частот и форм колебаний элементов конструкций расчетно-экспериментальными методами / Е.А. Железнякова // XI всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. — 2015 — С. 1366-1368.

**УДК 69**

**Мишенин В.Н.**

*Научный руководитель: Есинов С.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ОТ ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ**

Строительство - это одна из самых важных отраслей в мире, которая обеспечивает жилье и инфраструктуру для людей. Одним из ключевых аспектов строительства является жесткость конструкции, которая является основным фактором, определяющим ее устойчивость и способность противостоять динамическим нагрузкам. Недостаточная прочность конструкций может привести к их деформации и разрушению в условиях динамических нагрузок, таких как землетрясения, что может привести к серьезным последствиям, включая потерю жизни и разрушение имущества. Поэтому, для обеспечения динамической устойчивости, необходимо использовать материалы и технологии строительства, обеспечивающие достаточную прочность конструкций. Долгосрочное использование железобетонных конструкций приводит к постоянному воздействию на них различных неблагоприятных факторов [1].

Частоты колебаний - это один из основных параметров, которые используются при проектировании и оценке устойчивости конструкций [2]. Они определяются как число колебаний, которые происходят в единицу времени. Частота колебаний зависит от множества факторов, таких как масса конструкции, ее жесткость и геометрические параметры.

Жесткость конструкции - это способность конструкции сохранять свою форму и размеры при наличии внешних нагрузок [3]. В общем случае, более жесткая конструкция будет иметь более высокие частоты колебаний, чем менее жесткая конструкция с той же массой. Это связано с тем, что более жесткая конструкция требует больше энергии, чтобы изменить ее форму и размеры, поэтому она будет колебаться с более высокой частотой.

Рассмотрим пример, чтобы лучше понять зависимость частот колебаний от жесткости конструкции. Предположим, что у нас есть две конструкции с одинаковой массой, но разной жесткостью. Первая конструкция более жесткая, чем вторая. Если мы толкнем обе конструкции, то мы заметим, что первая конструкция будет колебаться с более высокой частотой, чем вторая.

Таким образом, можно заключить, что жесткость конструкции является важным параметром, который определяет ее устойчивость и способность противостоять динамическим нагрузкам [4]. Более жесткие конструкции будут иметь более высокие частоты колебаний, чем менее жесткие конструкции с той же массой.

Однако, следует отметить, что существует определенный предел жесткости конструкции, при котором дальнейшее увеличение жесткости не приведет к увеличению частот колебаний. Это связано с тем, что конструкция приобретает более жесткий характер, чем требуется для ее нормальной работы, и ее способность деформироваться при наличии внешних нагрузок снижается. В этом случае, увеличение жесткости конструкции может привести к ухудшению ее устойчивости и повышению вероятности ее разрушения.

Кроме того, следует отметить, что частоты колебаний также зависят от геометрических параметров конструкции, таких как ее длина, ширина и толщина [5]. Например, если мы возьмем две конструкции с одинаковой жесткостью и массой, но разной геометрией, то конструкция с более длинными элементами будет иметь более низкие частоты колебаний, чем конструкция с более короткими элементами.

Для того чтобы определить частоты колебаний конструкции, используются различные методы расчета, такие как метод конечных элементов, метод модального анализа и методы экспериментального

тестирования. Расчет частот колебаний позволяет определить наиболее вероятные частоты колебаний конструкции и осуществить выбор оптимальных параметров жесткости и геометрии, чтобы обеспечить ее устойчивость и надежность.

Возьмём две колонны с классом бетона В20, длиной L - 3м, массой – 1.1т, сечениями 400х400 мм и 300х300 мм.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

где T- период колебания, m – масса колонны, k – жесткость колонны.

$$k = \frac{EI}{L} \quad (2)$$

где k – жесткость колонны, E – модуль упругости, I – момент инерции.

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1100}{\frac{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,0021}{3^3}}} = 0,12 \text{ с.}$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1100}{\frac{2,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,000675}{3^3}}} = 0,25 \text{ с.}$$

Из расчетов видно, что период колебания колоны с сечением 400х400 мм меньше, таким образом частота колебаний будет выше.

В заключение, можно сказать, что жесткость конструкции является важным параметром, который определяет ее устойчивость и способность противостоять динамическим нагрузкам. Более жесткие конструкции будут иметь более высокие частоты колебаний, чем менее жесткие конструкции с той же массой. Увеличение жесткости конструкции может привести к увеличению ее частоты собственных колебаний, что может быть желательным в некоторых случаях, например, когда требуется увеличить точность измерений или уменьшить вибрации. Однако, если увеличение жесткости приводит к тому, что конструкция становится жестче, чем требуется для ее нормальной работы, то это может привести к неожиданным результатам. Поэтому, выбор оптимальных параметров жесткости и геометрии конструкции является важным шагом в процессе ее проектирования и строительства.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Е.Г., Крючков А.А. Экспериментальные исследования трещиностойкости сборно – монолитных изгибаемых железобетонных элементов / Е.Г. Смоляго, А.А. Крючков // Строительство и реконструкция. — 2010. — № 1. — С 47-54.
2. Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р. Динамика и устойчивость сооружений: Учебное пособие. – 2-е перераб. изд. / Р.А. Шакирзянов, Ф.Р. Шакирзянов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2015. – 120 с.
3. Саечников И.И., Баусова Ю.О. Понижение жесткостей в железобетонных конструкциях / И.И. Саечников, Ю.О. Баусова // VII Всероссийский фестиваль науки. — 2017. — Том 1. — С. 84-87.
4. Хазов П.А., Кофорова О.М. Определение частот собственных колебаний многоэтажных зданий. / П.А. Хазов, О.М. Кофорова // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 4. — С. 83-86.
5. Казаков В.Ю. Практические условия измерения динамических характеристик зданий / В.Ю. Казаков // Евразийский союз ученых. — 2013. — № 4. — С. 71-73.

УДК 69.07

*Мишенин О.В.*

*Научный руководитель: Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ, ВОЗВЕДЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Большой промежуток времени объемные стальные конструкции использовались, в основном, в процессе строительства малоэтажных зданий пониженного уровня ответственности [1,3]. Но в последнее время при строительстве зданий различного назначения, очень важным фактором, при выборе технологии строительства, стала скорость возведения зданий. Благодаря этому, использование стальных объемных конструкций становится все более популярным, так как главным преимуществом использования данной технологии являются малый срок возведения зданий и простота монтажа.

В данный момент существует недостаток нормативных документов, регулирующих стальное модульное строительство, поэтому конструкторам, занимающимся проектированием данных конструкций приходится опираться на технологию каркасного строительства и строительства из ЛСТК. По этой причине, на практике встречается довольно большое количество конструктивных решений зданий с применением стальных объемных элементов [2].

Один из примеров применения технологии стального модульного строительства стало семизэтажное студенческое общежитие, которое удалось возвести за 6 месяцев.



Рис. 1 Модель здания студенческого общежития в Манчестере

В процессе производства модулей были использованы стальные конструкции, которые состоят из сетки балок С-образного сечения и секций крыши, благодаря чему эта структура обладает исключительно высокой жесткостью при малой толщине стен. Модули для всех этажей сконструированы как независимые структурные единицы, включающие в себя интегрированные коридоры. Типовые модули шириной от 2,4 до 3,6 м компонуются в трех-, четырех- и пятикомнатные блоки, имеющие общую кухню и санитарно-бытовые помещения, которые также выполнены в виде модулей. Интегрированные в модули коридоры позволяют сократить объем работ на строительной площадке и обеспечить герметичность при монтаже [4].

Стилобат, на котором монтируются модули, состоит из большепролетных двутавровых балок, сопряженных с композитными перекрытиями, уложенными на стальной настил. Важной особенностью является легкость модулей, что значительно позволило сэкономить на материалах для стилобата. В некоторых местах, где модули не монтируются на нижележащие балки, нагрузка от стен передается на композитное перекрытие толщиной 175 мм. По проекту, чтобы достичь наибольшей скорости монтажа, равную 28 модулям в день, потребовалась бригада монтажников, состоящая из девяти человек.

Работы по изготовлению модулей и последующему их монтажу на строительной площадке продолжались в течении четырех месяцев. Для ускоренного производства здания неподалеку возвели небольшое специализированное предприятие компании Rollalong, которое выпускало в среднем 10 модулей в день при 8-часовой рабочей смене, что позволило решить проблемы, связанные с логистикой конструкций на строительную площадку. Это стало первым в Великобритании примером производства, созданного специально для реализации конкретного строительного проекта [4].



Рис. 2 Смонтированные модули перед установкой фасада

Другой показательный пример здания со стальными модулями является ЖК RAINES COURT, которое создавалось как доступное жилье в северном Лондоне. Отличительной конструктивной особенностью этого проекта является создание группы модулей, связанных между собой связевыми элементами для придания устойчивости конструкций.



Рис. 3 Схема здания с уступами на уровне третьего этажа

127 модулей изготовлены с применением легких стальных каркасов в соответствии со спецификацией компании Yorkon. Большинство квартир образованы спаренными модулями. Длина модулей шириной 3,8м варьируется от 9,6 до 11,6м. В модули встроены

балконы. Высота модулей составляет 3 м. Монтаж модулей занял четыре недели. Фасад здания, обращенный на улицу фасад облицован легкими профилированными панелями из оцинкованной стали, с оцинкованными накладками, закрывающими стыки. Крепления панелей обеспечиваются зажимами к рамной конструкции, установленной на стенах модулей в процессе изготовления. Фасады, обращенные во двор, были отделаны вертикальной обшивкой из дерева, чтобы добавить «теплоты» к отделке внешней оболочки. Вдоль переходных галерей расположены квадратные стеклянные экраны, которые служат как дополнительная защита входов в квартиры [5].



Рис. 4 а) монтаж модулей; б) монтаж переходной галереи

В Великобритании, в городе Фулхэм, было возведено еще одно модульное здание, особенностью которого было комбинированное использование конструкций из ЛСТК и модулей ваннных комнат из легких металлических конструкций (ЛМК) [6].

При строительстве шестизэтажного здания использовались готовые легкие стальные панели, плиты перекрытий и модули ваннных комнат. Все эти элементы изготавливались из типовых легких стальных балок С-образного сечения. Действующие на здание вертикальные и горизонтальные нагрузки воспринимали на себя стеновые панели, благодаря чему, здание является самым высоким в Великобритании зданием, построенным с использованием тонкостенных стальных каркасов в качестве несущих конструкций. При такой высоте конструкции ее устойчивость имеет важное значение. Компания-проектировщик Michael Barclay Partnership проанализировала информацию, связанную с устойчивостью, и их исследования показали, что конструкция сохраняла устойчивость и прочность при приложении этих экстремальных нагрузок. Для монтажа готовых фасадов и балконов использовали выступающие стальные конструкции, изготовленные из полых профилей прямоугольного сечения (RHS). Их монтировали вместе с легкими стальными каркасными панелями. Модули ваннных

комнат спроектированы как элементы конструкции, в которых стены и перекрытия являются несущими деталями. Перекрытия изготавливали из профилей С-образного сечения высотой 200мм, а стены — из профилей С-образного сечения с высотой 100 мм и толщиной от 1,2 до 2,4 мм в зависимости от воспринимаемых ими нагрузок. Перекрытия поставлялись собранными в виде кассетных плит. Для придания конструкции устойчивости перегородки связывались на стыках квартир [6].

Не смотря на недостаточность нормативной базы, связанной с технологией стального модульного строительства, при проектировании удается достичь невероятных показателей в скорости и стоимости возведения зданий различного назначения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодов Н. В., Лусенков Я. В. Металлические конструкции большепролетных и высотных зданий: учебное пособие. Белгород. Изд-во: БГТУ, 2018. 90 с.

2. Солодов Н. В., Есипов С. М. Металлические конструкции, включая сварку: конспект лекций для студентов направления бакалавриата 08.03.01.62 – Строительство профиля подготовки «Промышленное и гражданское строительство». Белгород. Изд-во: БГТУ, 2015. 390 с.

3. Батуков С.А. Перспективные направления развития строительной отрасли России // Российское предпринимательство. – 2008. – Том 9. – № 12. – С. 102-105.

4. Modular construction takes center stage in Wembley [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.buildingconstructiondesign.co.uk/news/modul-construction-takes-centre-stagein-wembley> (доступ свободный).

5. Premier modular. UCL-John Dodgson House [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.premiermodular.co.uk/case-studies/ucl-john-dodgson-house> (доступ свободный)

6. Building. Construction methods: modular [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.building.co.uk/data/construction-methods-modular/5094760.article> (доступ свободный).

*УДК 681.51*

*Мусинский Д.А., Сырых А.А.*

*Научный руководитель: Ванькова Т.Е., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Дорожное строительство является крупнейшей динамически развивающейся отраслью производства, при росте которой все больше возникает необходимость автоматизации всесторонних процессов производства, совершенствования информационных технологий для повышения эффективности работы. Такие технологии помогают не только ускорить процесс, но и достаточно снизить возможность возникновения ошибки за счет человеческого фактора, так как определенную операцию будет выполнять четко запрограммированная система.

Важно рассмотреть данную тему, так как дорожное строительство, как и другие отрасли, включает в себя огромное количество разносторонних аспектов, в каждом из которых требуется постоянное совершенствование информационных технологий [1].

На современном этапе развития научно-технического прогресса происходят значительные изменения в технологиях, а также методах полевых и камеральных работ, которые выполняются при изысканиях и строительстве инженерных объектов, автоматизация этих работ влияет на качество и эффективность производства.

Геодезические работы подразделяются на изыскательские, проектные, строительные, камеральные.

Большая вытянутость полосы исследуемой местности вдоль трассы и сравнительно небольшая ее ширина является спецификой инженерно-геодезических работ при изысканиях автомобильных дорог. Это обстоятельство предопределяет выбор метода построения геодезической сети при создании обоснования топографических планов и трассы. Обычно съемочное обоснование строится методом проложения теодолитных ходов, но в зависимости от условий местности могут быть выбраны и другие способы создания съемочного обоснования. Так, для составления топографических планов и цифровых моделей местности необходимо выполнение целого комплекса мероприятий:

- Проектирование;

- производство геодезических измерений;
- камеральная обработка.

Таким образом, топографическая съемка – это комплекс мероприятий, в результате выполнения которых получают план местности и цифровую модель местности. Производство топографических съемок любого вида предшествует обязательная и весьма ответственная работа по созданию геодезического (планово-высотного) обоснования, качество которой во многом определяет и качество получаемых топографических планов [5].

В настоящее время приборы, применяемые геодезистами в их деятельности, можно условно разделить на две группы. В основном деление происходит по принципу действия или предназначения конкретного прибора.

Наиболее частым является разделение оборудования по принципу действия. В этом случае его делят на: GPS-устройства; оптические и лазерные приборы.

GPS – устройства, по сути своей, являются приемником спутниковых сигналов. Современные спутниковые технологии обеспечивают высокую точность и возможность проведения измерительных работ в любых сложных условиях. Несомненным преимуществом данной технологии является ее многофункциональность, а также сокращение времени, затрачиваемого на геодезические работы [2].

Существуют три национальных системы: российский проект ГЛОНАСС, американский Global Positioning System (GPS) и китайский Бэйдоу. Данные системы проходят постоянную модернизацию, который связан с усовершенствованием технологий и расширением списка возлагаемых на них задач [4].

Оптические и лазерные приборы имеют большое количество видов и наименований:

- нивелир – инструмент для определения разности между несколькими точками;
- теодолит – инструмент для определения горизонтальных и вертикальных углов;
- лазерные уровни и рулетки;
- тахеометр – инструмент, который сочетает теодолит, дальномер и компьютер. Наиболее распространенным прибором в настоящее время заслуженно считается тахеометр.

В общем комплексе геологоразведочных работ большая роль принадлежит их топографо-геодезическому и навигационному обеспечению. Без геодезических данных невозможно получить

доброкачественный конечный результат геологических исследований, в том числе различные геологические карты и разрезы.

Наиболее прогрессивной и перспективной в настоящее время является технология спутникового геодезического и навигационного обеспечения геологоразведочных работ. При геофизических исследованиях, необходимо создание и применение единых технологических комплексов, включающих синхронные измерения параметров геофизических полей, а также определение координат и высот. Поэтому в настоящее время наиболее рациональным методом определения планово-высотного положения пунктов сетей сгущения, как и съемочных сетей, является применение спутниковых геодезических средств глобальной системы позиционирования, что не исключает полностью и традиционные методы, так как для применения системы необходима большая открытая территория, привязка к известным станциям с точными координатами и хорошее обеспечение спутниковой системой, иначе применить технологии с GPS модулем, к сожалению, не получится.

Широкое применение GPS измерений обусловлено тем, что спутниковые технологии превосходят традиционные методы по точности и оперативности получения данных [3].

Несомненно, возникает несколько существенных преимуществ спутниковых технологий на базе использования GPS-приемников по сравнению традиционными методами топографических работ, а именно:

1. При использовании традиционных наземных геодезических методов должна быть обеспечена прямая видимость между смежными определяемыми пунктами. Но даже при выполнении этих требований максимальное удаление между смежными пунктами имеет ограничение. Это обусловлено оптическими свойствами геодезических приборов. Особенно это преимущество выделяется в работе на извилистых дорогах, так как любой поворот обуславливает необходимость часто перемещать геодезический прибор для достижения точности отрисовки изгиба. Перемещение прибора на новые станции и закрепление его относительно предыдущей базы – работа не быстрая, поэтому современная спутниковая технология открывает возможность проведения высокоточных геодезических измерений при отсутствии прямой видимости между пунктами, а также в некоторых случаях ускоряет процесс.

2. Спутниковые методы определения местоположения являются, по существу, всепогодными, в результате чего измерения можно производить при любой погоде, в любое время суток и в любое время



года. Стоит отметить, что использование традиционной аппаратуры в дождливую погоду крайне затруднено, не только из-за того, что попадание влаги в прибор может вывести его из строя, но и из-за того, что для работы оптической части прибора необходима хорошая видимость, так как луч может отразиться о капельки воды и выдать неверное значение. Помимо этого, при жаркой погоде и палящем солнце также нелегко проводить геодезическую съемку, потому что тяжело увидеть место попадания луча геодезического прибора. При этом производительность труда резко возрастает.

3. Традиционно используемые методы геодезических измерений характеризуются сравнительно низким уровнем автоматизации, что не только снижает производительность труда, но и приводит, в отдельных случаях, к появлению дополнительных ошибок измерений, обусловленных субъективными факторами. Например, при установке прибора на раннее известные станции или реперы занимает достаточно большое количество времени, однако установить прибор в точно такое же место, как и при разбивке станций, скорее всего, не получится, будет наблюдаться небольшая погрешность. При спутниковых измерениях роль наблюдателя уменьшается, так как практически весь процесс измерений и последующих вычислений полностью автоматизирован.

В общем случае, для развития съёмочного обоснования применение спутниковой технологии (аппаратуры и методов) не имеет существенных ограничений, поскольку точность этой технологии удовлетворяет предъявляемым требованиям, а при выборе местоположения пунктов съёмочной сети обеспечивается возможность беспрепятственного проведения спутниковых наблюдений. При создании съёмочного обоснования с применением спутниковой технологии геодезические сети сгущения, как правило, вновь не создают, а используют имеющиеся государственные геодезические сети [6].

Таким образом, мы смогли увидеть, что на стадии изыскательских работ возможно внедрение автоматизации, что значительно ускорит процесс и повысит точность проводимых измерений [7].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мосиелев А. В. Автоматизация технологий дорожного строительства / А. В. Мосиелев // Достижения науки и технологий-ДНиТ-2021. – 2021. – С. 284-288.

2. Купреева Е. Н. Автоматизация геодезических работ, выполненных для строительства линейного объекта / Е. Н. Купреева, Д. Д. Рухлов, М. И. Сидоров // Устойчивое развитие земельно-

имущественного комплекса муниципального образования: землеустроительное, кадастровое и геодезическое сопровождение : Сборник материалов I Национальной научно-практической конференции, Омск, 15 октября 2020 года. – 2020. – С. 102-105.

3. Пронина Л. А. Геодезическое сопровождение изысканий при строительстве автомобильной дороги. / Л. А. Пронина, В. Е. Новикова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2019. – № 2 (17). – С. 10 – 14.

4. Подтелков В. В. Методика организации комплекса геодезических работ при подготовке проекта межевания территории / В. В. Подтелков // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года. – 2022. – С. 259-261.

5. Соколов Ю. Г. К вопросу оценки точности геодезических сетей из четырехугольника с измеренными сторонами / Ю. Г. Соколов, С. С. Струсь, С. К. Пшидаток, Н. Я. Губанова // Политем. сет. электрон. науч. журн. Краснодар: КубГАУ. – 2014. – № 98. – С. 1588-1605.

6. Оноприенко Н. Н. Перспективы развития инженерных изысканий для индивидуального жилищного строительства / Н. Н. Оноприенко, Т. Г. Калачук // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – №5. – С. 11–15.

7. Сальникова О. Н. Оноприенко Н.Н. Геодезический инструментарий древнего мира: история возникновения и особенности применения / О. Н. Сальникова, Н. Н. Оноприенко // Вектор ГеоНаук. – 2018. – №1. – С/ 74–78.

**УДК 69**

***Николенко К.С.***

***Научный руководитель: Абсиметов В.Э., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В наше время одной из важнейших проблем строительной отрасли является создание нормативной базы, которая наиболее точно будет сокращать все риски людей, проживающих в городской среде. С ростом

плотности населения городов и прогрессирующим усложнением городской среды также растут риски ущерба и потерь человеческих, материальных и финансовых ресурсов.

На протяжении многих веков опыт строительства показывал необходимость контролирования и снижения влияния пагубных воздействий, которые связаны с возведением и эксплуатацией объектов недвижимости.

В большинстве стран мира существуют, в той или иной форме, системы обеспечения безопасности строительных объектов. Однако далеко не везде эти системы достигают желаемого результата.

В настоящее время в мире сложились три устоявшиеся системы нормирования, которые по-разному применяют строительные нормы и стандарты в строительстве.

Первым методом нормирования был предписывающий метод, который является самым древним, которому несколько тысяч лет, на котором была построена Советская система строительства.

Предписывающий метод был ведущим методом нормирования до 1960 г. когда в Скандинавии начал зарождаться более прогрессивный параметрический метод. Существует множество причин его возникновения, одна из которых – изменение социально-экономической среды. В экономически развитых странах постепенно повышался образовательный уровень, стандарты жизни, происходила глобализация экономики, стремительно развивались технологии, на рынок стало поступать огромное количество строительных материалов и изделий, большинство из которых являлись инновационными. В наши дни во множестве развитых стран применяется именно параметрический метод нормирования.

Целевой метод появился как сочетание обоих методов – предписывающего и параметрического.

Характеристики всех вышеописанных методов можно свести в таблицу.

Таблица – характеристики методов нормирования в строительстве

<b>Метод нормирования</b>	<b>Основа метода</b>	<b>База</b>	<b>Примеры</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Предписывающий	Спецификации	Лимитные показатели	ГОСТ 10178
Параметрический	Прогноз долговечности Параметры эксплуатации	Модели, натурные испытания, измеренные характеристики	ASTM C 1157

Целевой	Спецификации Параметры эксплуатации	Лимитные показатели, измеренные характеристики	EN 197-1 ASTM C 150 ГОСТ 30515 ГОСТ 31108
---------	---	---	--

Наряду со сходствами всех вышеописанных методов они имеют ряд основных существенных различий, которые можно разбить на несколько категорий:

– на что направлен акцент внимания метода:

- 1) Предписывающий – на средствах достижения цели;
- 2) Параметрический – на цели, которые нормативное требование пытается достичь;

3) Целевой – на целях нормирования различного уровня, от абстрактных, социально значимых целей высокого уровня, до критериев оценки технических характеристик нормируемых объектов, цель которых, в свою очередь, заключается в обеспечении достижения социально значимых целей.

– пути достижения поставленной цели:

1) Предписывающий – предлагает единственный путь достижения – тот, который прописан в нормативном требовании;

2) Параметрический – допускает множество альтернативных путей достижения поставленной цели;

3) Целевой – сочетает в себе, в зависимости от целевого уровня, совокупность альтернативных путей достижения поставленной цели и путей, прописанных в нормативном требовании.

– основной посыл метода нормирования:

1) Предписывающий – строгое следование предписанным правилам обеспечивает достижение цели, которую разработчик предписывающей нормы имел в виду;

2) Параметрический – выбор наиболее эффективного решения для обеспечения достижения цели;

3) Целевой – плавный, эволюционный переход к параметрическому нормированию путем применения концепции гибридного нормирования.

– возможность внедрения инновационных решений:

1) Предписывающий – крайне затруднительна возможность внедрения инноваций. Случаи принятия инновации – крайне редки и являются исключением из системы;

2) Параметрический – облегчена возможность внедрения новых инновационных решений. Возможность принятия новых решений и разработок – неотъемлемая часть системы;

3) Целевой – облегчена возможность внедрения новых инновационных решений.

Проанализировав основные отличия методов нормирования в строительстве можно сделать вывод о том, что параметрический и целевой методы являются более гибкими, поскольку допускают возможность внедрения новых разработок, решений и инноваций, что является ведущим и прогрессивным подходом осуществления строительной деятельности во всем мире.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный Кодекс РФ от 24.12.04 № 191-ФЗ.
2. Федеральный закон от 30.12.09 г. № 384-ФЗ Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»
3. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
4. Р НОСТРОЙ 1.1-2010 «Стандарты саморегулируемой организации», Москва 2010.
5. Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта: snipInnovativeTechnologies; рук. Серых А – Чикаго: SNIP, 2010. – 889 с.
6. Пресняков Н.И, Востров В.К., Абсиметов В.Э. Развитие национальной и межгосударственной нормативной технической базы в металлостроительстве с учетом второго поколения еврокодов//Промышленное и гражданское строительство. 2013. №12. С. 6-12.

**УДК 691.112**

**Никулин В.С.**

*Научный руководитель: Фролов Н.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОПИСАНИЕ ПОРОКОВ, УХУДШАЮЩИХ ДЕФОРМАТИВНО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Пороками древесины называются изменения внешнего вида древесины, нарушения правильности ее строения, целостности ее тканей, клеточных оболочек и другие недостатки отдельных участков

древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность ее использования. Согласно ГОСТ 2140-81\* «Видимые пороки древесины»[1], пороки подразделяются на группы, виды и разновидности. Основные группы пороков: сучки; трещины; пороки формы ствола; пороки строения древесины; химические окраски; грибные поражения; биологические повреждения; инородные включения, механические повреждения и пороки обработки; покоробленности.

Пороки снижают прочность древесины: в меньшей степени при работе древесины на сжатие, смятие и изгиб, и в большей степени при работе древесины на растяжение и скалывание. Существенно влияют на прочность древесины следующие группы пороков.

**Сучки** (Рис. 1) нарушают однородность строения древесины, вызывают образование местных косослоев, затрудняют механическую обработку древесины. Сучки различают по виду: открытые и заросшие. Разновидности открытых сучков: по форме (круглые, овальные, продолговатые); по положению в сорimente (пластевые, кромочные, ребровые, торцовые); по взаимному расположению (разбросанные, групповые, разветвленные); по степени срастания (сросшиеся, частично сросшиеся, несросшиеся, выпадающие); по состоянию древесины сучков (здоровые, загнившие, гнилые, табачные); по выходу на поверхность (односторонние, сквозные).



Рис. 1 Сучковатость древесины

Пороки строения древесины: наклон волокон **косослой** (Рис.2.) - отклонение волокон древесины от продольной оси ствола дерева; крейф (местная, сплошная) - изменение строения древесины, выражающееся в увеличении ширины поздней зоны годичных слоев; свилеватость (волнистая, путанная) - извилистое или путанное расположение волокон древесины; сердцевина; двойная сердцевина; засмолок и др.

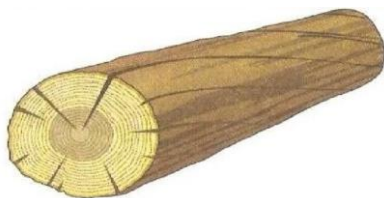


Рис. 2 Косослой древесины

В зависимости от наличия, количества и месторасположения тех или иных пороков в древесине, пиломатериалы подразделяются на сорта. Согласно СНиП [2] для несущих элементов деревянных конструкций должна применяться древесина 1, 2 и 3-го сортов с учетом указаний приложения 1 СНиП [2]. Для деревянных конструкций, кроме требований ГОСТ 8486-86\*Е на пиломатериалы хвойных пород и ГОСТ 9463-88\* на лесоматериалы круглые хвойных пород, предъявляются дополнительные требования по ширине годичных слоев (не более 5 мм), содержанию в них поздней древесины (не менее 20%) и не допустимости сердцевины.[3]

**Отлупными трещинами**, или просто отлупом, называют отслоения в сердцевинной части ствола.[4] На спиле отлуп выглядит как большая дугообразная или кольцевидная трещина. В таком виде ее можно рассмотреть только на торцах бревен. В уже раскроенных досках или брусе она принимает вид продольных трещин или желобковых углублений (основные виды отлупа в доске и брусе показаны на рисунке 3).



Рис. 3 Отлупные трещины

### **Крень**

Дефект в виде мнимой утолщенности и потемнения поздней древесины (темных годичных колец). Встречается в изогнутых частях дерева (ветках и стволах), обращенных к земле. Порок в большей

степени характерен для хвойных пород, особенно ели и пихты; также часто встречается у деревьев, растущих на склонах.[5]

Выделяют крень двух типов:

1. местную – она возникает из-за непродолжительных изгибов ствола и проявляется в виде узких несплошных дугообразных участков с потемнениями;

2. сплошную – возникает на торцах стволов, подвергавшихся длительному изгибу.



Рис. 4 Крень: местная (1) и сплошная (2)

Пороки и качество древесины взаимосвязаны. Все пороки древесины ухудшают внешний вид изделия. Но не все нарушают структуру и снижают прочностные характеристики. Важно понимать, как влияют те или другие пороки древесины на качество изделий.

Планируется провести эксперимент и установить влияние пороков древесины влияющих на несущую способность клеесодержащих балок. [6]

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуров А.Ф., Фокин В.Н. Основные пороки древесины осины и березы и их влияние на выход деловой древесины // Лесной вестник (1997-2002). 2000. № 4. С. 92-95.

2. Задраускайте Н.О. Классификация пороков древесины как объектов для систем идентификации // Электронный научный журнал. 2015. № 3 (3). С. 53-58.

3. Стоноженко Л.В., Коротков С.А., Иванов Н.Г. Закономерности распространения пороков древесины в ельниках московской области и их влияние на сортиментно-сортную структуру // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2012. № 2. С. 99-102.



4. Древесные породы и основные пороки древесины. Иллюстрированное справочное пособие для работников таможенной службы / Москва, 2010. Сер. За живую планету.

5. Клевцова Е.Ю., Дубраков С.В. Виды дефектов деревянных конструкций // Наука молодых - будущее России. сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. Юго-Западный государственный университет. 2016. С. 44-46.

6. Пороки древесины. классификация, термины и определения, способы измерения // Экономика и учет в строительстве. 2007. № 3. С. 36-74.

#### **УДК 69.04**

**Обернихин Е.В.**

*Научный руководитель: Фролов Н.В., канд. техн. наук., доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **АСПЕКТЫ ЛИНЕЙНОГО И НЕЛИНЕЙНОГО РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В современной практике строительства для расчёта строительных конструкций используют различные методики, основанные на линейных и нелинейных методах расчёта. Для относительно простых расчётов типовых конструкций СП 63.1330 [5] допускает применение метода основанного на линейных зависимостях. Однако, на практике работа конструкций и используемых материалов зачастую имеет нелинейный характер, то есть обладает специфическими особенностями, отличными от теоретически идеальных тел. Как правило это касается крупногабаритных и гибких конструкций, конструкций из нелинейно-упругих материалов.

Использование новых конструкций и материалов, а также увеличение количества конструкций сложной архитектурной формы, заставляют проектировщиков всё чаще обращаться к нелинейным методам расчёта. Такие расчёты представляют собой большое количество повторяющихся математических вычислений, для чего прибегают к помощи специализированных программных комплексов САПР, что позволяет просчитывать многочисленные нелинейные вариации за относительно короткое время [2].

Специфики расчёта по двум методикам отличаются ввиду разных предпосылок. Так, в основе расчёта прочности нормальных сечений по предельным усилиям (линейный метод) лежат следующие предпосылки:

- сопротивление бетона сжатию – это напряжение  $R_b$ , равномерно распределенное по сжатой зоне;
- в арматуре растягивающие и сжимающие напряжения не превышают расчётные сопротивления;
- деформации (напряжения) в арматуре находятся в зависимости от высоты сжатой зоны бетона.

Предпосылки, лежащие в основе расчёта по нелинейной деформационной модели:

- сопротивление бетона растянутой зоны  $R_{bt}$  не учитывается только в конструкциях, где допускаются трещины (в противном случае производится расчёт с учётом работы растянутого бетона);
- связь напряжений  $\sigma$  и относительных деформаций  $\varepsilon$  устанавливается с помощью диаграмм состояния (деформирования) бетона и арматуры;
- относительные деформации бетона и арматуры распределяются по высоте сечения линейно (по гипотезе плоских сечений). [5,6]

**Линейный метод расчета.** Данный метод является фундаментальным для ручных расчетов в строительной механике, поэтому его также называют классическим. В основе линейного метода лежат предпосылки об идеально упругом теле, материал которого представляет собой сплошную среду, считается однородным и изотропным.

Главный принцип метода заключается в линейной зависимости между напряжением и деформацией, которая выражается линейным законом Гука (1):

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – напряжение;

$E$  – модуль упругости;

$\varepsilon$  – деформации

Геометрическую линейность при этом выражают деформации в точках тела (относительное удлинение  $\varepsilon$ , угол сдвига  $\gamma$ ), которые принимаются малыми.

То есть в основе линейно-упругого расчета лежат идеализированные условия, при которых конструктивная схема, жёсткость и геометрия в ходе нагружения конструкции остаются неизменными, расчетная схема – недеформированная. Что касается НДС, то его достаточно описать при помощи системы линейных уравнений.

При линейном методе осуществляют преимущественно статический расчет, а в основу линейных задач положен принцип суперпозиции и независимости действия сил. [1]

**Нелинейный метод расчета.** Учитывать дополнительные факторы, касающиеся расчета, сборки и дальнейшей эксплуатации конструкций в реальных условиях, помогает нелинейный метод [2, 4].

В основу метода положено несколько видов нелинейности. В данной работе рассмотрим только физическую нелинейность, которая выражается нелинейной зависимостью между напряжениями и деформациями (2). В отличие от линейного закона Гука (1) здесь зависимость деформаций и напряжений подчинена определенному нелинейному закону и определена реологическими свойствами материалов, а работа материала происходит в упругопластической стадии.

$$\sigma = f(\varepsilon). \quad (2)$$

В частности, физическая нелинейность ярко выражена в железобетонных конструкциях, которые под действием даже относительно незначительной нагрузки могут подвергаться трещинообразованию, снижающему общую жесткость.

Расчёт по прочности и деформативности железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели предполагает использование диаграмм состояния материала. Диаграммы состояния определяют связь между напряжениями  $\sigma$  и относительными деформациями  $\varepsilon$  и соответствуют поведению материала. Так как железобетон — это композитный материал, то необходимо учитывать соответствующие диаграммы  $\sigma$ - $\varepsilon$  для бетона и арматурной стали.

Методикой расчёта на основе деформационной модели предусмотрено использование для описания работы как бетона, так и арматуры кусочно-линейных и криволинейных диаграмм. В свою очередь, кусочно-линейные диаграммы считаются упрощёнными (по типу диаграмм Прандтля) и делятся на двухлинейные и трёхлинейные.

Для бетона при помощи кусочно-линейных диаграмм определяют не только напряжения сжатия  $\sigma_b$  при  $\varepsilon_b$ , но и растяжения  $\sigma_{bt}$  в зависимости от  $\varepsilon_{bt}$  (заменив, соответственно, на диаграмме расчётное значение  $R_b$  на  $R_{bt}$ ). Оба вида кусочно-линейных диаграмм используют при определении НДС сжатой (растянутой) зоны бетона при расчётах прочности, образования трещин, раскрытия трещин, деформаций и т.д. Возможно применение как двухлинейной (рисунок 1, а), так и трёхлинейной (рисунок 1, б) диаграммы, при этом первая считается наиболее простой.

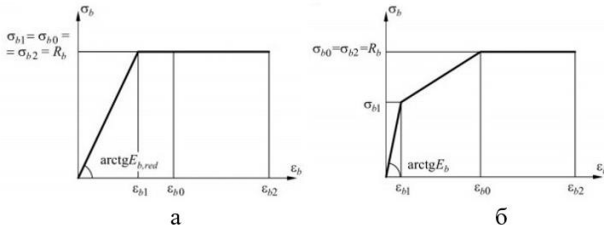


Рис. 1 Кусочно-линейные диаграммы  $\sigma$ - $\epsilon$  состояния сжатого бетона:  
а – двухлинейная; б – трёхлинейная

Для арматуры диаграммы состояния при растяжении и сжатии, соответственно  $\sigma_s$ - $\epsilon_s$  и  $\sigma_{sc}$ - $\epsilon_{sc}$  (аналогично, как и для бетона), принимают одинаковыми (заменяв только  $R_s$  на  $R_{sc}$ ). Кроме того, выбор диаграммы зависит от предела текучести. Так, для арматурной стали с физическим пределом текучести целесообразно использовать двухлинейную (рисунок 2, а) диаграмму, а для арматуры с условным пределом текучести – трёхлинейную (рисунок 2, б).

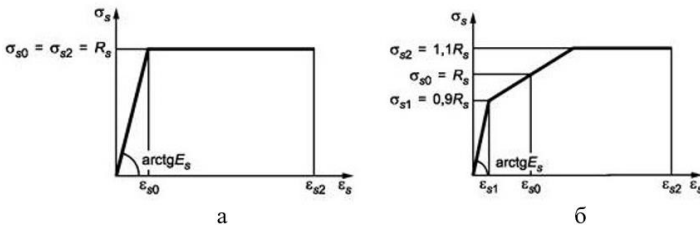


Рис. 2 Кусочно-линейные диаграммы  $\sigma$ - $\epsilon$  состояния растянутой арматуры:  
а – двухлинейная; б – трёхлинейная

В качестве расчётных допускается использовать криволинейные диаграммы состояния для бетона и арматуры. Их преимущество в том, что они аппроксимируют фактические диаграммы деформирования данных материалов и позволяют повысить точность результатов.

По сравнению с линейным методом, где в ходе расчета на основе заданной конструктивной схемы определяется НДС, нелинейный метод выступает как комплексное моделирование процессов жизненного цикла конструкции, где не просто находится НДС, но и производится мониторинг за его изменением в ходе эксплуатации. Кроме того, нелинейный метод учитывает другие важные аспекты работы конструкции: перераспределение усилий на менее нагруженные части, контроль перемещений, изменение расчетной схемы и т.д. Таким образом, нелинейный метод дает более подробный анализ, но в то же

время он довольно трудоёмок. Однако, благодаря современным программным комплексам, которые постоянно совершенствуются, инженеры способны просчитывать любые ситуации, связанные с нелинейностью работы реальных конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрьев А.Г., Смоляго Н.А., Серых И.Р. Механика деформируемого твердого тела: учебное пособие. Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. 165 с.

2. Барабаш М.С., Городецкий Д.Е., Ромашкина М.А. Нелинейность в ЛИРА-САПР. Алгоритмы создания расчетных моделей с учетом нелинейной работы конструкций [Электронный ресурс]. URL: <https://help.liraland.ru/984/3426/>.

3. Петраков А.А., Петракова Н.А., Панасюк М.Д. Итерационные методы решения задач МКЭ // Строительная механика и расчет сооружений. 2018. № 2 (277). С. 62-67.

4. Никулин А.И., Обернихин Д.В. Деформативность изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения с трещинами в растянутой зоне // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 88-93.

5. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением № 1).

6. Попов А.И., Хатунцев А.А., Шашков И.Г., Кочетков А.В. Пространственный деформационный нелинейный расчет железобетонных изгибаемых конструкций методом конечных элементов // Наукоедение. 2013. №5. С. 107-117.

## УДК 69

*Одновол А.А.*

*Научный руководитель: Мамась Н.Н., канд. биол. наук, доц.  
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,  
г. Краснодар, Россия*

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Существует широкий спектр конструкций и материалов, которые могут быть использованы при строительстве зданий, сооружений и инфраструктуры, чтобы повысить их энергоэффективность, снизить затраты на отопление, кондиционирование и освещение, увеличить

устойчивость к экстремальным климатическим условиям и уменьшить воздействие на окружающую среду. [1,2]

Некоторые из таких конструкций и материалов включают в себя зеленые крыши и стены, стекло с теплозащитным покрытием, переработанный металл, древесину, экологически чистые теплоизоляционные материалы и технологии, которые позволяют использовать возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия. Однако, необходимо учитывать и экономические факторы, такие как стоимость и доступность таких материалов и технологий, чтобы они стали более широко распространенными.

Рассмотрим наиболее экологически чистые материалы, такие как древесина, стекло, металл, зеленые крыши и стены.

Древесина является одним из самых экологически чистых материалов для строительства.



Рис. 1 Применение древесины

Дерево является возобновляемым ресурсом и его использование в строительстве позволяет снизить количество выбросов углекислого газа, поскольку деревья поглощают углекислый газ и выделяют кислород. [2] Кроме того, древесина имеет высокую теплоизоляционную способность, что позволяет снизить затраты на отопление и кондиционирование.

Она также обладает хорошими звукоизоляционными свойствами, что делает ее отличным выбором для строительства звукоизолированных помещений, таких как студии, офисы или жилые комнаты. Кроме того, дерево можно использовать для создания различных конструкций, таких как каркасные дома, беседки, мостики и т.д. Благодаря своей прочности и долговечности, древесина может

служить в качестве строительного материала на десятилетия и даже столетия, если правильно обработана и защищена от влаги и вредителей.

Металл также может быть экологически чистым материалом, если он изготовлен из переработанных материалов. Использование переработанного металла в строительстве позволяет снизить количество выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ. Кроме того, металл имеет высокую прочность и долговечность, что позволяет увеличить срок эксплуатации здания или сооружения. [1,3] Использование металла в качестве каркаса здания позволяет создавать более легкие и компактные конструкции, что уменьшает нагрузку на фундамент и позволяет использовать более экономичные фундаментные решения.



Рис. 2 Переработанный металл в строительстве здания

Стекло является экологически чистым материалом, так как он можно полностью переработать и использовать повторно. Использование стекла в качестве оконных и дверных рам позволяет повысить энергоэффективность здания за счет улучшения теплоизоляции. Кроме того, стекло пропускает естественный свет, что позволяет снизить затраты на электричество.

Оно также не выделяет вредных веществ и не подвержено коррозии, что делает его долговечным и устойчивым к атмосферным воздействиям. Кроме того, стекло можно использовать в качестве элементов дизайна, например, витражей, что позволяет создавать уникальные и экологически чистые архитектурные решения.



Рис. 3 Витражное окно

Одним из эффективных организационно-технологических решений является использование зеленых крыш и стен. [2,3] Использование зеленых крыш и стен является важным шагом в повышении экологической чистоты строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Зеленые крыши и стены могут быть выполнены различными способами, например, с помощью живых растений, специальных панелей или грунтовых слоев, покрытых растительностью.



Рис. 4 Использование зеленых крыш в строительстве

Зеленые крыши и стены улучшают микроклимат в зданиях и на прилегающих территориях, создавая более комфортные условия для жизни и работы. Кроме того, зеленые крыши и стены являются эффективным способом борьбы с городским тепловым островом, уменьшая температуру в городе за счет естественной теплоизоляции.



Также зеленые крыши и стены способствуют увеличению зеленых зон в городе и повышению биоразнообразия, что сказывается на благоприятном воздействии на психологическое состояние людей, снижении уровня шума и улучшении качества воздуха. [3]

В целом, использование экологически чистых материалов и технологий в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве является важным шагом в направлении более устойчивого и экологически безопасного развития. Оно помогает уменьшить негативный экологический след и сохранить природные ресурсы для будущих поколений. Кроме того, экологически чистые решения могут сократить расходы на энергию и воду, улучшить качество воздуха и снизить уровень шума и загрязнения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Просянкин, Д. Р. Оценка воздействия на окружающую среду в Центральном округе города Краснодара / Д. Р. Просянкин, Н. Н. Мамась // Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы: материалы II Всероссийской (национальной) конференции, Омск, 26 мая 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 138-143.

2. Патент № 2448785 С1 Российская Федерация, МПК В09В 1/00, В09С 1/00. Способ биологической рекультивации свалок твердых бытовых отходов: № 2010132409/13: заявл. 02.08.2010: опубл. 27.04.2012 / Н. Н. Мамась, Е. А. Перебора, О. А. Мельник; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

3. Мамась, Н. Н. Использование древесно-кустарниковой растительности для рекультивации мест хранения фосфогипса на примере ОАО "Еврохим" Белореченского района / Н. Н. Мамась, Н. А. Парахуда // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства, Краснодар, 18–19 марта 2009 года / Ответственный редактор профессор А.И. Трубилин. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2009. – С. 169-173.

*Паршина Т.В., Лимощенко В.А.*

*Научный руководитель: Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Инженерные изыскания – важная технология, применяемая в управлении качеством строительной техники. Проводя инженерные изыскания, он может обеспечить необходимую поддержку данных и методы измерения для ранней разведки, среднесрочного строительства и последующего управления качеством строительной техники.

Геологические изыскания помогают определить характеристики грунта с тем, чтобы на нем можно было возвести прочную, долговременную конструкцию. Если проект здания идет вразрез с особенностями площадки, на которой оно построено, в «противостоянии» всегда победит грунт. Если тревожные признаки появились, то они уже не исчезнут. Для того, чтобы обеспечить безопасность и комфорт в здании, понадобятся дополнительные финансовые вложения, но и они не всегда способны исправить ситуацию. Расхождения между требованиями к сооружению и готовыми конструкциями могут оказаться столь велики, что обеспечение безопасности здания окажется невозможным. При обнаружении серьезных проблем надзорные органы предпишут снести сооружение, как несоответствующее нормам безопасности. Инженерно-геологические изыскания позволят избежать развития этих сценариев. Составление программы проведения инженерно-геологических изысканий требует ознакомления с информацией, отражающей инженерно-геологическое, в том числе структурно-тектоническое и гидрогеологическое строение территории [1]. Инженерно-геологические условия, как известно, определяются большим комплексом природных факторов. Наиболее важными из них являются: 1) геологическое строение местности, 2) характер слагающих ее пород (состав, состояние, свойства и др.), 3) рельеф, 4) мерзотно-гидрогеологические условия (распространение мерзлых, талых и немерзлых толщ, их температура, мощность мерзлых пород, их криогенное строение, глубина сезонного промерзания – протаивания, глубина залегания подземных вод, их водообильность, агрессивность и

др.) и 5) современные геологические процессы и явления [2]. На основе этих факторов для повышения достоверности и детальности будущих изыскания необходимо заложить геофизические работы, которые в дальнейшем позволят решить следующие задачи: 1) определить наличие на территории строительства зон тектонических разломов; 2) установить характер подземного контура кровли коренных пород; 3) обнаружить зоны распространения грунтов с пониженными величинами прочности; 4) выявить интенсивность трещиноватости коренных глинистых пород и ее изменение по площади и по глубине; 5) дать сравнительную оценку деформационных свойств грунтов [3].

Специальные методы исследований включают методы структурного геодинамического картирования, методы технической диагностики строительных конструкций, опытные работы. Геофизические исследования включают:

- сейсморазведку (МОВ) - Исследование геологического строения земной коры, основанное на изучении распространения в ней упругих волн. Этот метод основан на том, что скорость распространения и другие характеристики сейсмических волн зависят от свойств геологической среды, в которой они распространяются: от состава горных пород, их пористости, трещиноватости, флюидонасыщенности, напряженного состояния и температурных условий залегания [4];

- метод азимутального картирования (СГДК-А). Высокоточное определение азимутов направлений по спутниковым измерениям координат при существенном уменьшении расстояний между пунктами осуществляется введением дополнительных пунктов, объединённых в локальную геодезическую сеть. Для достижения требуемой точности азимута дополнительно привлекают расстояния и углы между направлениями на пункты, доступные для измерений в конкретных условиях. Алгоритм получения оценок азимута и его точности основан на известном байесовском подходе к нахождению параметров условных плотностей распределения вероятностей. Он позволяет оперативно прогнозировать среднюю квадратическую погрешность азимута до начала полевых работ [5]. Основными каналами пешеходной навигационной системы (ПНС) являются взаимосвязанные канал счисления пройденного пути и азимутальный канал, совместная обработка информации которых дает текущие координаты пешехода. Основными компонентами азимутального канала ПНС являются трехосевые соосные датчик угловых скоростей (ДУС) и цифровой магнитный компас (ЦМК), а также модуль спутниковой навигации (МСН), определяющий путевой угол (аналог азимута). Важным компонентом ПНС является инклинометр

(например, акселерометрический), фиксирующий начальную угловую ориентацию компонентов системы;

- метод естественной импульсной электромагнитной эмиссии (ЕИЭМПЗ) - применяемые для исследования процессов в земной коре и нижней мантии радиоволновые методы основаны на явлении электромагнитной эмиссии – способности диэлектрических материалов излучать электромагнитные сигналы при воздействии на них. В горных породах источниками естественных импульсных электромагнитных полей являются неоднородности структуры грунтов. В результате механико-электрических явлений под действием деформационных волн из нижней мантии, приливных сил, микросейсмических колебаний, ветровой и техногенной нагрузки на этих источниках возникают электромагнитные импульсы, которые и создают естественный электромагнитный фон литосферного происхождения.

- радиометрической (эманационной) съемки - Основана на пространственной и временной взаимосвязи между эманированием грунтов и подвижностью горного массива. Эта взаимосвязь позволяет использовать эманационные исследования для изучения текущих геодинамических процессов как на площади (геодинамическое картирование), так и во времени (геодинамический мониторинг).

комплекс методов разведочной геофизики, основанных на измерении гамма-излучения естественных радиоактивных нуклидов или на определении концентрации изотопов радона в почвенном воздухе. Применяется для поисков и разведки месторождений урановых и ториевых руд и как косвенный метод поисков нерадиоактивных руд (фосфоритов, бокситов, ванадия, редких земель и др.), парагенетически связанных с радиоактивными элементами, используется также как вспомогательный метод при геологическом картировании [6].

В основе теории электроразведки лежат уравнения Максвелла, являющиеся постулатами макроскопической электродинамики. Они включают в себя все основные законы электромагнетизма (законы Ома, Ампера, Кирхгофа и др.) и описывают поля в разных средах. Из уравнений Максвелла получается дифференциальное уравнение, названное телеграфным. Решая его, можно получить электрическую (E) компоненту поля в средах вдали от источника [7].

Этапы инженерно-геологических изысканий включают в себя рекогносцировочные исследования, включающие оценку возможности строительства на данной территории предполагаемого

сооружения; предварительное исследование, привлечение исследований, необходимых для базовой оценки инженерно-геологических условий в отношении технической возможности предлагаемой структуры; и детальные исследования для получения максимально полной информации о состоянии фундамента на строительной площадке. В ходе строительства продолжаются геологические исследования, которые включают документирование временных обнажений, сопоставление результатов предварительных и детальных изысканий с фактическими условиями и, при необходимости, проведение контрольных испытаний.

Проведения геологических изысканий без выезда геолога на местность, либо без буровых работ (причем специализированной буровой установкой, позволяющей брать соответствующие пробы грунта необходимого диаметра и с необходимой глубины), либо без лабораторных исследований, а также без полного содержательного отчета не обеспечат проектировщиков необходимой или объективной информацией для расчетов, выбора и конструирования фундамента. Стоит отметить, что изыскания должны проводиться в соответствии с техническим заданием, с требованиями свода правил СП 47.13330.2016. [8].

Инженерно-геологические изыскания основаны на информации, полученной в результате геологических исследований. Они дополняются методами инженерно-строительных изысканий: инженерно-геологической и гидрогеологической картографией, подземной разведкой, геофизическими, инженерно-геологическими, геодезическими и фотограмметрическими измерениями

Инженерные изыскания для разработки рабочей документации ставят перед собой задачи обеспечить уточнение природных условий стройплощадки и детализацию уже имеющихся изысканий прошлых лет. Также подобные исследования проводятся для четкого определения сферы взаимодействия объектов строительства с окружающей средой, минимизации вреда природной среде и повышении безопасности населения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дребот А.М. Рациональность инженерно-геологических изысканий в индивидуальном строительстве / Дребот А.М. // Международный журнал профессиональной науки – 2021. - №4.
2. Трофимов В.Т., Содержание и значение четырех новых идей, выдвинутых и разработанных в региональной инженерной геологии, для развития теоретической базы инженерной геологии / Трофимов

В.Т. // Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии – 2021. – С. 10-12

3. Оноприенко Н. Н. Инженерные изыскания: учеб. пособие. / Оноприенко Н. Н., Черныш А. С. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. - 176 с.

4. Геофизические методы исследований: учеб. пособ. [Эл. ресурс]. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/inbox/1209/chapter1.pdf> свободный.

5. Модель и алгоритм комплексной обработки информации азимутального канала пешеходной навигационной системы [Эл. ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-i-algoritm-kompleksnoy-obrabotki-informatsii-azimutalnogo-kanala-peshhodnoy-navigatsionnoy-sistemy> свободный.

6. Радиометрическая разведка [Эл. ресурс]. Режим доступа: <http://miningenc.ru/r/radiometricheskaya-razvedka/> свободный (3.03.2023).

7. Применение электроразведки в геологии [Эл. ресурс]. Режим доступа: <https://pandia.ru/text/82/162/32656.php> свободный.

8. Губарев С.А. Сравнение прочностных характеристик мела при проведении инженерно-геологических изысканий / Губарев С.А., Калачук Т.Г. // Вектор ГеоНаук. 2020. - №4. - С. 4-7.

9. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., Ашихмин П.С. Инженерная геология. Белгород, 2021. 117 с.

10. Оноприенко Н.Н., Калачук Т.Г. Перспективы развития инженерных изысканий для индивидуального жилищного строительства // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. Т. 1. № 5, 2016. С. 11-15.

**УДК 658.5**

*Погребняк К.Э.*

*Научный руководитель: Амелин П.А., асс.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ЗАДЕЛКИ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Причин появления дефектов в бетоне немало. Некоторые из них являются следствием ошибок, допущенных на этапе проектирования

конструкции, в процессе замешивания и укладки бетонной смеси, а также во время набора бетоном прочности. Перечисленные причины возникают и по одному, так и в различных комбинациях.

К таким причинам относятся:

- неправильно выполненные расчеты нагрузок;
- неграмотно выбранный состав бетонной смеси;
- недостаточная толщина элемента конструкции;
- отсутствие армирования либо его недостаточность, неправильное расположение;
- неграмотное проектирование оснований и фундаментов, не учитывающее особенности местности (например, вспучивание грунта);
- неравномерная усадка бетона;
- недостаточность уплотнения смеси;
- повреждение при демонтаже опалубки;
- неблагоприятные условия отвердевания бетона и отсутствие надлежащего ухода после укладки

Кроме того, бетонные конструкции могут разрушаться с течением времени из-за постоянного воздействия неблагоприятных воздействий окружающей среды механических нагрузок, коррозии арматуры. В итоге появляются сколы, трещины, и бетон постепенно разрушается.

Трещины в бетоне могут быть разными. Выделяют несколько основных типов в зависимости от причин их происхождения и характерных видов работы элементов [1]:

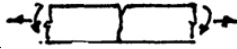

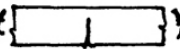
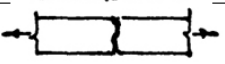
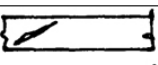
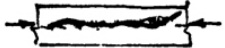
Вид трещин	Форма трещин	Элементы конструкций
Сквозная клиновидная		Внецентренно растянутые элементы
Сквозная внахлестку		Внецентренно растянутый нижний пояс безраскосной фермы
Несквозная клиновидная		Изгибаемые и внецентренно сжатые элементы
Сквозная с параллельными стенками		Центрально-растянутые элементы раскосных ферм
Замкнутая наклонная		Приопорная зона изгибаемых элементов
Несквозная продольная		Предварительно напряженные элементы в зоне заанкеривания арматуры. Сжатые элементы

Рис. 1 Основные типы трещин

Технологические трещины вызываются воздействием температурного градиента. Во время отвердевания бетона в нем протекают реакции гидратации экзотермического характера, то есть, с

выделением тепла. На поверхности температура бетонной смеси ниже, в результате могут возникнуть поверхностные трещины.

Силовые трещины появляются вследствие действия поперечной силы (трещины сдвига). Они направлены под углом к арматурным стержням. [5]

При некорректной анкеровке или осадке здания могут возникнуть трещины, параллельные арматуре.

Трещины и другие дефекты бетона также классифицируются по некоторым другим признакам [2]:

- по ширине различают волосяные (до 1 мм), средние (от 1 до 10 мм), массиванные (свыше 10 мм);

- по глубине выделяют поверхностные трещины, которые могут быть глубокими или неглубокими, а также сквозные;

- дефекты могут обнажать арматуру (полностью либо частично) или не обнажать ее;

- по расположению выделяют локальные, сплошные и расположенные на краях либо по углам дефекты;

- в зависимости от времени появления, различают первичные трещины, образовавшиеся в процессе отвердевания бетона из-за усадочных процессов и реакций гидратации, а также вторичные, которые появились в процессе эксплуатации изделия.

В зависимости от влияния на целостность конструкции, различают следующие виды повреждений:

- не оказывающие влияния;

- уменьшающие прочность объекта (5–50%);

- разрушающие (прочность конструкции уменьшается более, чем на 50%).

Ремонт трещин бетонных конструкций может выполняться различными способами и с использованием инновационных материалов. Выбор материала и технологии зависит от множества факторов: типа дефекта; типа конструкции; условий эксплуатации объекта; условий, в которых производится ремонт. Важно определить влияние трещины на работоспособность конструкции и сооружения в целом. Немаловажную роль играют также доступность тех или иных материалов и оборудования, а также квалификация сотрудников, которые будут заниматься ремонтными работами.

К методам профессионального ремонта бетонных изделий относятся инъектирование, торкетирование, герметизация эластичными материалами, саморасширяющиеся шнуры (ленты, маты).

Суть ремонта трещин в бетоне инъекционным методом в заполнении трещин и полостей раствором, который подается под



давлением [3]. Данный метод обычно используется для ремонта фундаментов, стен зданий, подземных конструкций. Чтобы обеспечить поступление инъекционного материала до проблемных мест, в бетоне высверливают отверстия, через которые ремонтные смеси закачиваются под давлением, величина которого зависит от фракции подаваемого материала и от оборудования.

Трещины несущих конструкций в бетонных и железобетонных конструкциях ремонтируются безусадочными материалами на цементной основе. Растворы приготавливаются с использованием добавок Cemmix.[6]

Трещины, которые подвергаются деформациям (перемещениям в процессе эксплуатации) и не влияют на несущую способность сооружения, заполняют эластичными материалами. К таким герметикам относятся материалы, выпускаемые под брендом Cemmix[4]:

- фасадный клей-герметик;
- сверхпрочный кровельный клей-герметик;
- клей-герметик для швов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. – М.: Сройиздат, 2012 – 767 с.
2. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Химки: издательский дом "Ватерпасс", 2009 – 287 с.
3. Филимонов П.И. Технология и организация ремонтно-строительных работ. – М.: Высш. шк., 2015 – 479 с.
4. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 2021 – 208 с.
5. Амелин, П. А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания / П. А. Амелин // Образование. Наука. Производство : XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 746-750. – EDN HSASEU.
6. Амелин, П. А. Применение искусственного интеллекта на этапе проектирования зданий и сооружений / П. А. Амелин // Строительство. Архитектура. Дизайн : Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Курск, 21 апреля 2023

года / Под редакцией С.И. Меркулова. – Курск: Курский государственный университет, 2023. – С. 11-17. – EDN SVHYLT.

## УДК 69

*Покидов Н.А.*

*Научный руководитель: Крючков А.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### МЕТОДЫ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Сейсмические нагрузки на здания и сооружения возникают в результате колебаний земной поверхности, вызванных природным или техногенным характерами. Из-за чего в районах сейсмической опасности следует применять соответствующие меры, повышающие сопротивление конструкций [1].

Основными (традиционными) методами сейсмостойкости считаются: равномерное распределение массы всех строительных конструкций; план здания или сооружения должен быть центрально-симметричным; здание или сооружение не должно быть слишком высоким или протяженным; обеспечение совместной пространственной работы всех несущих элементов зданий при сейсмическом воздействии [2].

При возведении зданий в сейсмически опасных районах учитывают совместное действие нагрузки от собственного веса конструкций, снеговой нагрузки, временной нагрузки на перекрытия и сейсмической нагрузки. При расчете зданий и сооружений на действие сейсмических сил определяют направление и величины сейсмических сил, и, непосредственно, расчет конструкций на действие этих сил. Однако точные значения величин и направление сейсмических сил получить невозможно из-за случайного характера землетрясений, которые не могут быть описаны аналитически.

Основная задача несущих конструкций состоит не только в том, чтобы нести собственный вес конструкций, но и воспринимать дополнительные нагрузки. При этом важную особенность играет роль передачи нагрузок от одного элемента к другому. Поэтому любая несущая конструкция работает в трех последовательных фазах: восприятие нагрузки, распределение нагрузки и передача нагрузки.

Проектируемые здания и сооружения в сейсмических районах требуют целостности элементов и конструкций, которые посредством согласованности каждого этажа передают нагрузку на основание.

По типу несущей конструкции здания и сооружения можно разделить на следующие системы: рамные; ствольные; с несущими стенами.

Основная задача проектировщика заключается в том, чтобы интегрировать все эти системы и создать одну конструктивную основу, которая бы выполняла все функции [1].

Традиционные методы получили широкое распространение в нескольких странах, подверженных сейсмическим рискам, и являются общепринятыми [3]. Однако для технически сложных и уникальных зданий такой подход часто неприменим: он дает чрезмерно ресурсоемкий и финансово неудовлетворительный результат. В связи с этим были разработаны специальные системы сейсмозащиты, которые используются как для уникальных зданий, так и для более простых, которые снижают затраты на строительство при одновременном повышении надежности возводимых зданий [4].

Идеи, заложенные при создании специальных методов обеспечения сейсмостойкости, основаны на известных принципах, которые снижают частоту собственных колебаний здания или сооружения, исключая возможность резонировать с частотами сейсмического воздействия.

Специальные системы сейсмозащиты можно разделить на две группы: активные и пассивные. Для активной системы сейсмозащиты необходим дополнительный источник энергии, чтобы она функционировала. Также достоинством данного способа защиты является то, что она позволяет управлять колебательным процессом не только сейсмических воздействий, но и ветровых [2].

К пассивным способам сейсмозащиты относятся следующие системы, которые можно классифицировать по принципу действия:

1. системы, реализующие принцип сейсмоизоляции;
2. адаптивные системы;
3. системы с повышенным демпфированием;
4. также системы с гасителями колебаний.

Каждая из выделенных систем также имеет несколько подгрупп, которые объединены по принципам конструктивной реализации и по характеру взаимодействия с защищаемой конструкцией.

Кроме того, для повышения эффективности сейсмозащиты комбинируют несколько из вышеуказанных систем, что способствует

большому задействию положительных свойств каждой отдельной системы и снижению отрицательных свойств.

Системы, реализующие принцип сейсмоизоляции. Эти системы разделяются на внешние и внутренние. К внешним системам сейсмоизоляции относятся такие защитные устройства, как экраны, траншеи, пространственные фундаментные платформы на скользящем слое и другие. К внутренней сейсмоизоляции относятся системы с подвесными и скользящими опорами [5].

Адаптивные системы сейсмозащиты представлены в виде двух типов связей: с выключающимися и включающимися опорами. Они представляют собой конструкции, которые меняют динамические характеристики самого здания, непосредственно, во время землетрясения.

Выключающиеся связи - конструктивный элемент малой жесткости, который может быть выполнен в виде раскосов или панелей. Они разрушаются во время сейсмической активности, тем самым понижая собственную частоту здания или сооружения. Минусом данной системы является то, что после землетрясения необходимо производить восстановительные работы, что не всегда неполним.

Включающиеся же связи, наоборот, не участвуют в работе конструкции до землетрясения. При заранее заданном параметре смещения определенной конструкции эти связи включаются в работу. Такие связи (обычно односторонние) могут быть представлены в виде специальных упоров-ограничителей, установленных с зазорами, или же провисающими растяжками [4].

Системы с повышенным демпфированием увеличивают рассеивание энергии за счет конструкций, в которые были введены специальные элементы. Увеличение диссипации энергии ведёт к уменьшению сейсмических ускорений, а значит и инерционных нагрузок. К таким можно отнести системы с вязким демпфированием, с демпферами сухого трения, а так же с элементами повышенной пластической деформации [5].

Системы с гасителями колебаний представляют собой конструкции нескольких типов: динамических, ударных и активного. Особенностью данной системы является то, что ее масса должна быть соизмерима с массой здания или сооружения. Это требование обусловлено тем, что если масса системы во много раз больше массы гасителя, то при колебаниях гасителя его перемещения оказываются настолько большими, что изготовить упругий элемент для него не представляется быть возможным [4,6].

Таким образом, при правильном проектировании и применении сейсмоизоляции и сейсмогашения можно значительно повысить надежность и экономические показатели зданий и сооружений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чылбак А.А. Воздействие сейсмических сил на здания и сооружения // Вестник «Технические и физико-математические науки». 2016г. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-seysmicheskikh-sil-na-zdaniya-i-sooruzheniya/viewer>
2. Халелова А.К. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений // Научный журнал «Молодой ученый». 2020г. URL: <https://moluch.ru/archive/336/75185/> (дата обращения: 07.11.2022)
3. Серикбайкызы Н. Методы сейсмозащиты с применением специальных устройств // Журнал «Молодой ученый». 2021г. URL: <https://moluch.ru/archive/346/77856/> (дата обращения: 10.11.2022)
4. Тарасов В.А., Барановский М.Ю., Редькин А.В., Соколов Е.А., Степанов А.С. Системы сейсмоизоляции // Журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2016г. URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4\(43\)/9\\_tarasov\\_43.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4(43)/9_tarasov_43.pdf)
5. Арутюнян А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010г. URL: <http://www.lib.krsu.edu.kg/uploads/files/public/3888.pdf>
6. Фрахманд Т. Сейсмическая изоляция и другие антисейсмические системы, применяемые в мировом строительстве // Международный студенческий строительный форум – 2018 (К 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). 2018г. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38247625\\_93505380.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38247625_93505380.pdf)

УДК 69.04

*Попленкин М.С., Сенкевич А.Д., Рябоконт И.Р.  
Научный руководитель: Солодов Н.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛОК С ГОФРИРОВАННЫМИ СТЕНКАМИ

В мировой практике стальные балки с волнистыми стенками были предложены к использованию еще в тридцатых годах прошлого

столетия, однако тогда они не нашли широкого применения из-за недостаточного технического уровня производства сварочных работ и отсутствия соответствующего оборудования на заводах по изготовлению металлических конструкций. В Европе балки с гофрированной стенкой как элементы стальных каркасов применяются с начала 60-х годов, а в конструкциях автомобильных мостов (в Европе и Японии) с 80-х годов XX в. Широкое применение балки с гофрированными стенками нашли в Казахстане, где они используются в качестве балок перекрытий в многоэтажных жилых домах, в промышленных зданиях, в купольных конструкциях административных зданий [1].

В данной статье исследуется напряженно-деформированное состояние трех образцов под локальными и равномерно распределенными нагрузками.

В качестве объектов исследования в рамках настоящей статьи принято три варианта конструктивных решений стальных балок:

– образец № 1: балка со стенкой и поясами из листовой стали (пояса из листовой стали 200×16 мм; стенка из листовой стали толщиной 4 мм и высотой 370 мм);

– образец № 2: балка с поясами из плоского листа и гофрированной волнистой стенкой (пояса из листовой стали 200×16 мм; гофрированная стенка из листовой стали толщиной 4 мм и высотой 370 мм с шагом гофр 8 см);

– образец № 3: балка с поясами из ЗГСП, расположенными горизонтально и гофрированной волнистой стенкой (пояса – ЗГСП габаритами сечения 160х80х3 мм; гофрированная стенка из листовой стали толщиной 3 мм и высотой 240 мм с шагом гофр 8 см);

Численное моделирование было осуществлено в программном комплексе ЛИРА САПР с использованием конечных элементов в виде пластин и объемных конечных элементов (образец №3). Свойства стали всех элементов приняты следующие: плотность 7,85 т/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона – 0,3; модуль упругости – 2\*10<sup>5</sup> МПа; R<sub>y</sub>= 240 МПа. Длина пролета балок принята равной 4,2 м. Опирание балок шарнирное в плоскости стенки по нижним граням опорных ребер балок по краям. Расчеты выполнены по упругой стадии работы стали (как для первого класса конструкций по [2]). Образец №1 будем считать эталонным с использованием сечения в 100%.

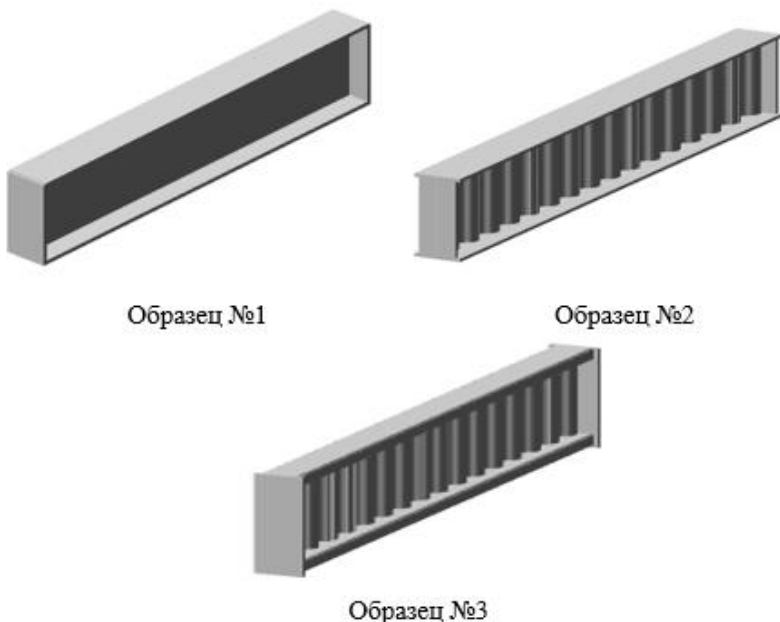


Рис. 1 Общий вид образцов № 1–№ 3

При расчете деформаций приложим локальную и равномерно распределенную нагрузку к верхнему поясу. Для достоверности результатов приложим также собственный вес конструкции балки. В качестве локальной нагрузки равномерно распределим  $10 \text{ кН/м}^2$  по площади пластины размером  $200 \times 200 \times 10 \text{ мм}$  в середине пролета образцов. Равномерно распределенную нагрузку, равную  $10 \text{ кН/м}^2$ , приложим по всей площади верхнего пояса.

На рис. 2,3 приведены результаты численного моделирования в виде деформированных форм образцов (в увеличенном масштабе деформаций). На рис. 4-6 показаны мозаики напряжений  $\sigma_y$  в образцах, соответственно №1 ÷ №3

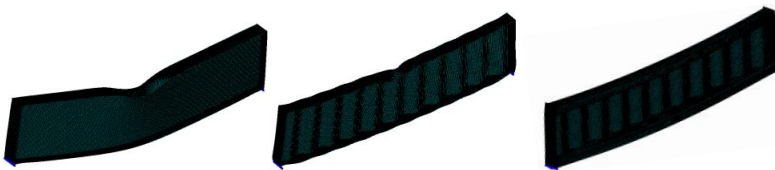


Рис. 2 Общий вид образцов № 1,2,3 после приложения локальной нагрузки



Рис. 3 Общий вид образцов № 1,2,3 после приложения равномерно распределенной нагрузки

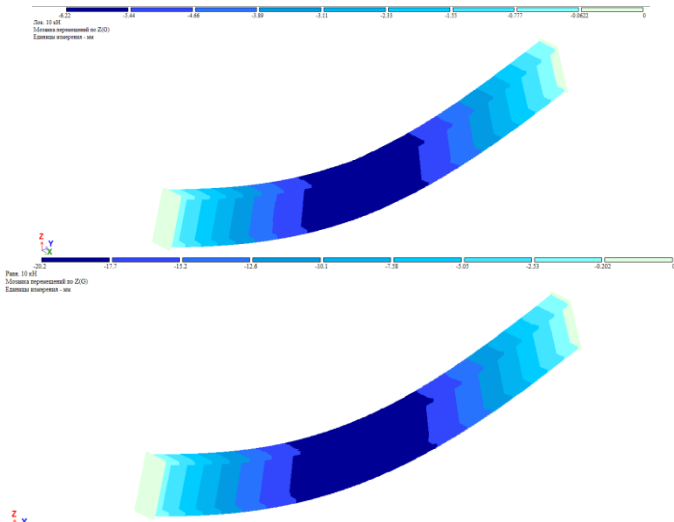
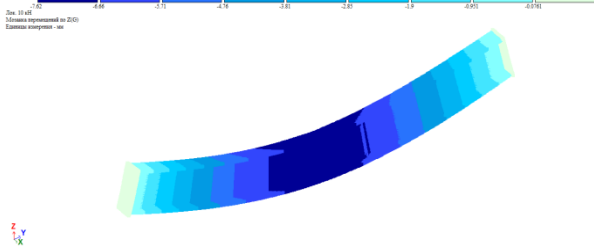


Рис. 4 Мозаики деформаций образца № 1 после приложения локальной (сверху) и равномерно-распределенной нагрузки (снизу)





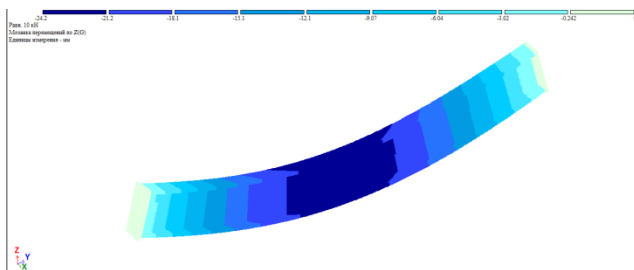


Рис. 5 Мозаики деформаций образца № 2 после приложения локальной (сверху) и равномерно-распределенной нагрузки (снизу)

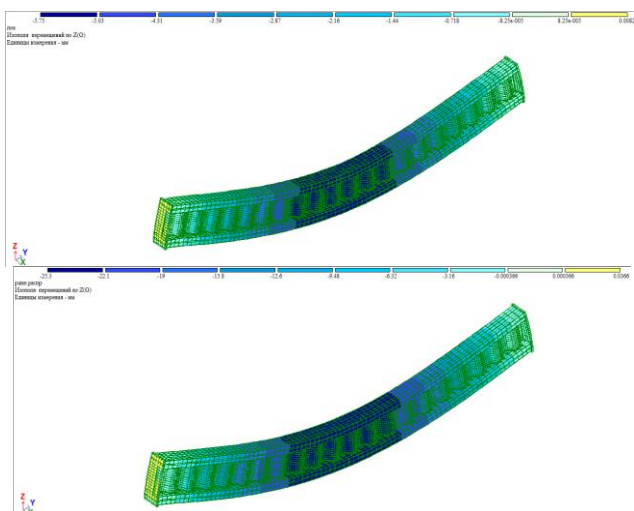


Рис. 6 Мозаики деформаций образца № 3 после приложения локальной (сверху) и равномерно-распределенной нагрузки (снизу)

Эпюры напряжений и деформированная форма контура поперечного сечения ЗГСП, показанные на рис. 7,8,9, были построены по значениям напряжений в объемных конечных элементах и представлены по внешнему контуру сечения.

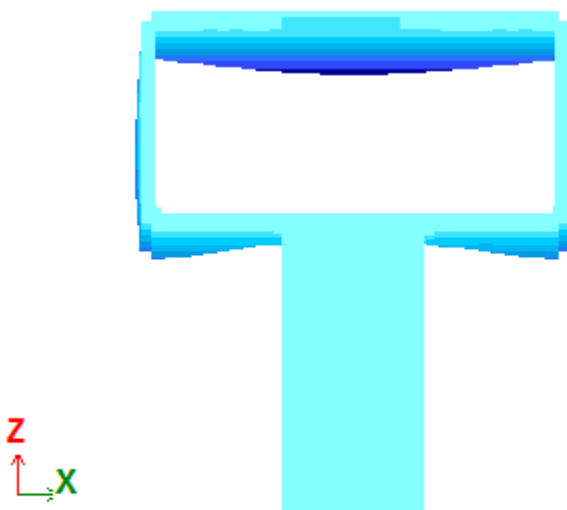


Рис. 7 Изополя деформаций и поперечное сечение верхнего пояса образца № 3 после приложения локальной нагрузки

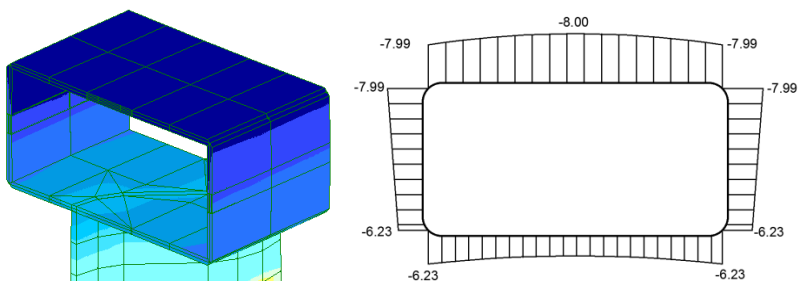


Рис. 8 Изополя и эпюры  $\sigma_y$  сечения верхнего пояса в середине пролета образца №3 при приложении локальной нагрузки

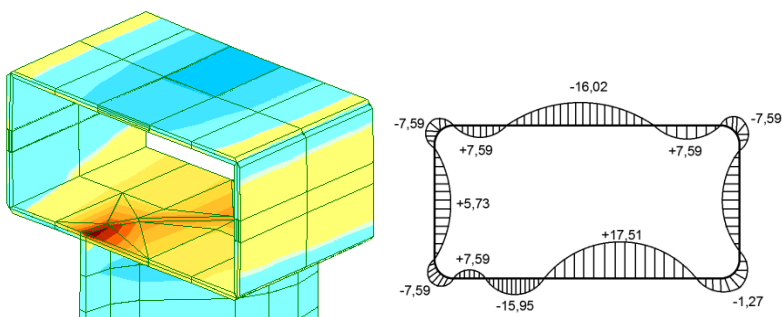


Рис. 9 Изополя и эпюры  $\sigma_x$  сечения верхнего пояса в середине пролета образца №3 при приложении локальной нагрузки

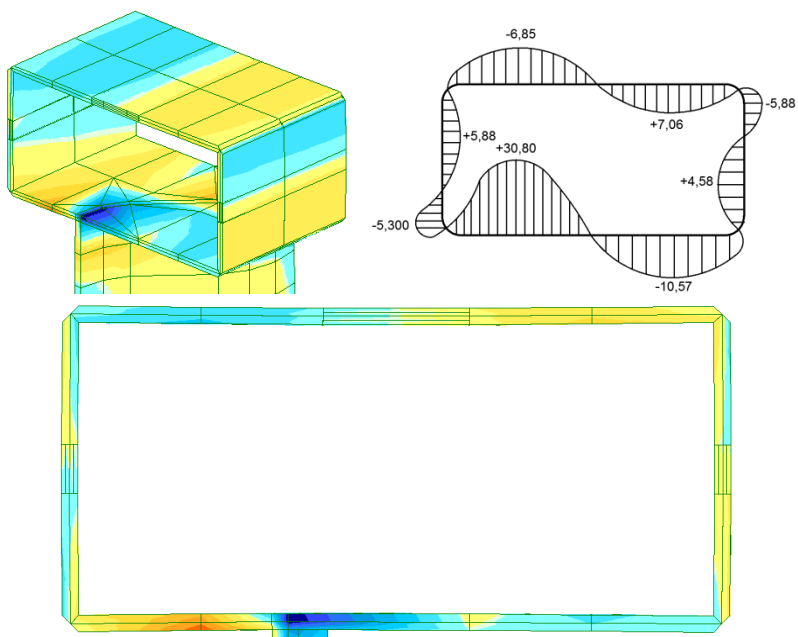


Рис. 10 Изополя и эпюры  $\tau_{xz}$  по внешнему контуру сечения верхнего пояса в середине пролета образца №3 при приложении локальной нагрузки

Как можно заметить по рис. 10, напряженное состояние касательных напряжений  $\tau_{xz}$  сечения верхнего пояса является непостоянным по знаку по высоте сечения пояса.

Особенно вызывают интерес эпюры на рис. 9 и 10. Значения нормальных напряжений  $\sigma_x$  и касательных напряжений  $\tau_{xz}$  резко изменяются по знаку в углах контура профиля ЗГСП [3,4].

Для сравнения показателей эффективности балок проанализируем прогибы образцов в середине пролета. Для сравнения прогибов возьмем среднюю точку на прямой, проходящей через геометрический центр сечения в середине пролета балки. Значения прогибов показаны в таб.1.

Таблица 1 – Прогибы образцов №1-3 в середине пролета

№ образца	Вид нагружения	Прогиб, мм
Образец №1	Локальная нагрузка	6,14
	Равномерно распределенная нагрузка	20,15
Образец №2	Локальная нагрузка	7,16
	Равномерно распределенная нагрузка	22,86
Образец №3	Локальная нагрузка	5,58
	Равномерно распределенная нагрузка	24,9

Также, для анализа показателей деформативности образцов, сравним их геометрические характеристики. Поскольку образцы №2 и №3 имеют гофрированную стенку, то переведем их показатели в эквивалентные  $J_{x \text{ экв}}$  и  $W_{x \text{ экв}}$ .

Первый образец имеет следующие геометрические характеристики сечения:  $J_x=20550 \text{ см}^4$ ,  $W_x=1028 \text{ см}^3$ , найденные о традиционным формулам сопротивления материалов.

Для нахождения момента инерции образца №2, выразим его из общей формулы прогибов:

$$J_{x2 \text{ экв}} = \frac{5ql^2}{384Ef_2} = 13766 \text{ см}^4$$

Посчитаем эквивалентный момент сопротивления, выразив его из формулы:

$$W_{x2 \text{ экв}} = \frac{J_{x2 \text{ экв}}}{y_{\max}} = 688 \text{ см}^3$$

Чтобы посчитать момент инерции для образца №3, выразим его из общей формулы прогибов:

$$J_{x3 \text{ экв}} = \frac{5q l^2}{384E f_3} = 12638 \text{ см}^4$$

$$W_{x3 \text{ экв}} = \frac{J_{x3 \text{ экв}}}{u_{\max}} = 632 \text{ см}^3,$$

где  $u_{\max} = 20$  см – максимальное расстояние от нейтральной линии до точки, лежащей на наиболее удаленной плоскости от н.л., параллельной оси  $x$ , а  $f_2, f_3$  – прогибы образцов №2, 3 от равномерно-распределенной нагрузки.

Занесем полученные данные в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры жесткости и деформативности образцов №1-3

№ обр.	$f_{\text{распр}}, \%$	$J_{\text{экв. распр.}}, \%$	$W_{\text{распр.}}, \%$
№2	+13,4	-33,0	-33,0
№3	+23,6	-38,5	-38,5

Сечения образцов №1 и №2 эквивалентны геометрически, но при условии, что стенка во втором сечении не смещена от середины т.е. не имеет гофр. Но поскольку стенка меняет свое положение по длине балки, это влияет и на характеристики сечения и образца.

Если в образце №3 принять такое сечение, чтобы условно стенка была посередине, то найденный момент сопротивления геометрически будет равен  $W_x = 533 \text{ см}^3$ .

Сравнения показывают, что наибольшими геометрическими характеристиками сечения обладает образец №1, меньшими образец №2, и наименьшими №3.

При равных длинах и высотах сечений балок наименьший прогиб от равномерно-распределенной нагрузки оказался у образца №1, но наименьший прогиб от локальной нагрузки у образца №3.

Отличительным различием в деформативности образцов является характер деформаций. Образец №1, при наименьшем прогибе посередине пролета, имеет в то же время высокие деформации верхнего пояса (волнообразное выпучивание свободного края). Поэтому без соответствующих мероприятий по препятствию потери локальной устойчивости образец №1 попадает в зону риска.

Образец №2 характеризуется средней величиной прогибов посередине пролета в отличие от других образцов. От образца №1 отличается более равномерными и меньшими деформациями верхнего пояса. Также следует обратить внимание на работу стенки и верхнего пояса, которая характеризуется большей равномерностью. Поскольку

напряжения распространяются в материале по направлению наибольшей жесткости, то отсюда следует вывод, что нормальные напряжения, распространяются в поясе равномернее, и на стенку не имеют влияния (стенка воспринимает почти полностью касательные напряжения).

Образец №3 отличается от образца №2 только работой поясов. Поскольку из-за работы поясов из ЗГСП стенка работает более равномерно, то сами пояса испытывают наибольшие деформации в местах приложения нагрузки (см. рис. 6,7,8).

Напряженно-деформированное состояние исследованных образцов в значительной мере определяется особенностями их конструктивного решения. Это проявляется в отличии количественных значений прогибов для образцов в целом, а также в качественных отличиях, обусловленных работой плоской и гофрированных стенок совместно с полками (поясами) из ЗГСП и плоского листа. Прогибы образцов №2 и №3 на 13,4 и 23,6 процентов больше, чем у образца №1.

Особенностью НДС поясов из ЗГСП в образце №3 является пространственный характер деформирования контура поперечного сечения ЗГСП. Горизонтальные и вертикальные пластинки, образующие контур ЗГСП, имеют сложный характер напряженно-деформированного состояния, характеризуемого наличием компонентов НДС:  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$ , изменяющихся по длине контура не только величину, но и знак.

Выполненными численными исследованиями дана количественная оценка влияния геометрических особенностей сечений балок (плоская или гофрированная стенка, пояс из ЗГСП или плоского листа, толщина листа стенки 3 или 4 мм) на фактические значения моментов инерции и моментов сопротивления. Установлено, что: момент инерции образцов №2 и №3 на 33,0 и 38,5 процентов, соответственно, меньше, чем у образца №1; момент сопротивления в плоскости изгиба образцов №2 и №3 также на 33,1 и 38,5 процентов, соответственно, меньше, чем у образца №3. Это является следствием, прежде всего, влияния гофрирования стенки и изменения ее толщины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев С.В. Расчет двутавровой балки с гофрированной стенкой на изгиб в своей плоскости под действием статических нагрузок: Ч. 1. Методика расчета. Екатеринбург, 2007. 17 с.
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Поправкой, с Изменением N 1).

3. Солодов Н. В., Усов К. А., Ечин В. А. Анализ работы балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП //ZBORNİK RADOVA. – 2017. – С. 131-133.

4. Солодов Н. В. Двухтавовая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой / Н.В. Солодов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2022. - № 4. - С. 75–81.

5. Тишков Н. Л. и др. Совершенствование конструкции стальной двухтавровой балки с тонкой поперечно-гофрированной стенкой //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – №. 2. – С. 104-111.

6. Соловьев А. В. и др. Учет особенностей работы балок с гофрированной стенкой в расчетах на стесненное кручение //Вестник МГСУ. – 2012. – №. 11. – С. 105-112.

**УДК 693.546.41**

**Постовой А.А.**

*Научный руководитель: Масленников С.А., канд. техн. наук, доц.  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,  
г. Шахты, Россия*

## **ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ВИБРАТОРАМИ**

Данная работа является второй частью исследования, направленного на разработку модели для определения продолжительности цикла работы крана при укладке бетонной смеси в конструкции. В большинстве случаев бетонирование сопровождается уплотнением бетонной смеси вибраторами, данный процесс оказывает влияние на продолжительность цикла работы крана тем, что в этот момент техника будет бездействовать или укладывать смесь на другом участке. В связи с этим, решено выполнить анализ параметров, оказывающих влияние на продолжительность уплотнения бетонной смеси в зависимости от типа вибратора.

В ходе выполнения анализа [1-3], была сформирована схема, представленная ниже (Рис. 1), отражающая основные влияющие параметры на радиус действия (толщину уплотняемого участка), производительность и продолжительность работы вибраторов.

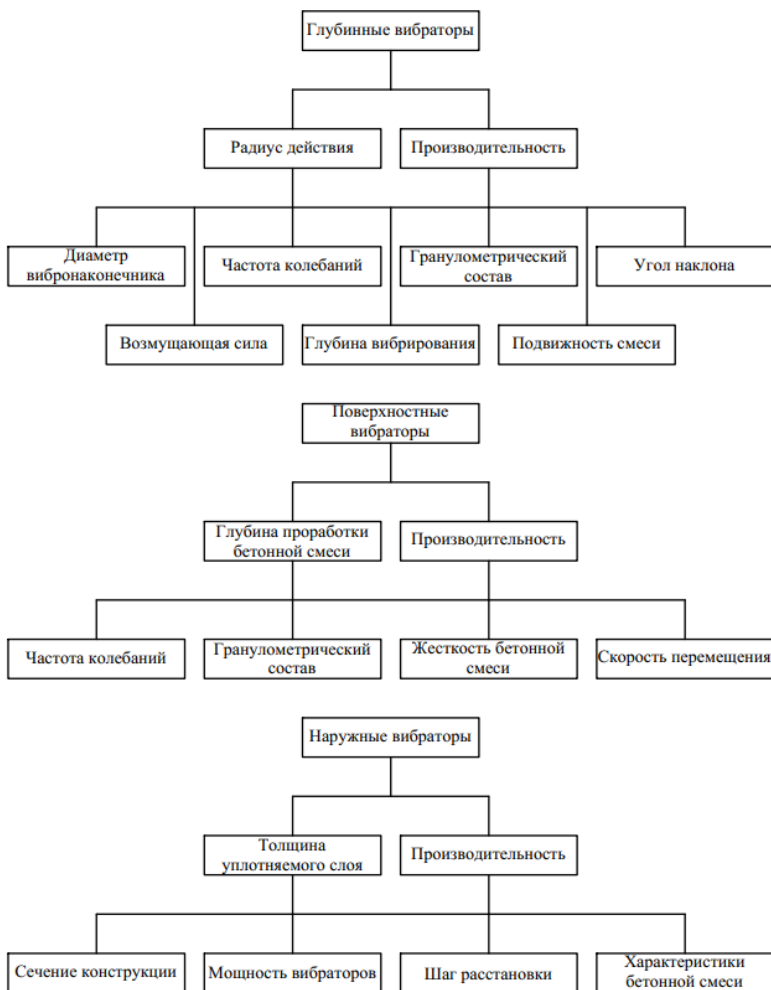


Рис. 1 Основные параметры вибраторов

С целью исключения дублирования наименований характеристик вибратора, будут использоваться следующие заменяющие символы: R – радиус действия, П – производительность.

Глубинные вибраторы:

1. Частота колебаний зависит от диаметра вибронаконечника и оказывает влияние на R и П. Помимо этого, колебания низких частот



оказывают существенно большее воздействие на крупные частицы, а высокие соответственно на мелкие.

2. Диаметр влияет на R и П, при этом данный параметр зависит от гранулометрического состава смеси, чем крупнее частицы заполнителя, тем крупнее должен быть диаметр (кроме некоторых исключений, например, шаг арматуры). Ниже (Табл. 1) приведены значения диаметра вибратора в зависимости от крупности заполнителя и объема уплотняемого бетона.

Таблица 1 – Диаметр вибратора

№	Наименование	Параметр
1	Диаметр вибратора, мм	Крупность заполнителя, мм
	50-70	До 25
	70-100	До 40
2	Диаметр вибратора, мм	Объем уплотняемого бетона, м <sup>3</sup> /ч
	45	1-4
	70	5-10
	100	10-30

3. Изменение угла наклона способствует повышению производительности глубинных вибраторов, но снижает их долговечность.

4. На продолжительность уплотнения влияет подвижность и жесткость бетонной смеси. Чем выше показатель жесткости и чем меньше подвижность смеси, тем больше продолжительность работы.

5. Глубина вибрирования влияет на П, также как и оптимальная возмущающая сила, которая способствует повышению эффективности уплотнения. Оптимальное значение возмущающей силы зависит от свойств уплотняемого материала.

Поверхностные вибраторы:

6. Глубина проработки зависит от продолжительности уплотнения и от жесткости бетонной смеси, чем больше жесткость, тем меньше глубина проработке и время уплотнения.

7. Наиболее оптимальный диапазон частоты колебаний для слоев высотой 10-20 см составляет 25-50 Гц. Меньшая частота для состава с более крупными фракциями заполнителя, большая для более мелких.

8. Скорость перемещения устанавливается опытным путем или указана в технических характеристиках к вибратору.

В таблицах ниже (Табл. 2 и 3) приведена область применения, продолжительность работы вибратора в зависимости от его типа [2], и продолжительность уплотнения бетонной смеси на одной стоянке в зависимости от типа вибратора и подвижности смеси [3].

Таблица 2 – Типы вибраторов для уплотнения бетонной смеси

Тип вибратора	Область применения	Длительность вибрирования, сек
Глубинный	Армированные и неармированные блоки массивных сооружений, фундаменты, колонны, балки, стены	20-40
Поверхностный	Полы, неармированные или армированные одиночной арматурой перекрытия, покрытия толщиной не более 25 см и конструкций с двойной арматурой толщиной не более 12 см	30-60
Наружный	Стены, колонны, тонкие элементы монолитных сооружений	50-90

Таблица 3 – Продолжительность уплотнения бетонной смеси

Подвижность бетонной смеси, см	Продолжительность уплотнения вибратором, с	
	Глубинным	Поверхностным
13-15	19-17	24-20
9-12	24-20	29-25
4-8	29-25	36-30
1-3	35-30	45-36
0	40	50

На снижение скорости уплотнения будут влиять габариты изделия и насыщенность его арматурой, а увеличение частоты колебаний и амплитуды способствуют снижению продолжительности уплотнения смеси. В зависимости от данных параметров также можно установить продолжительность уплотнения по приведённому временному интервалу в таблицах 2 и 3.

Следует отметить, что значения в таблице 2 и 3 приведены ориентировочно в соответствии с [2-3] и могут колебаться в зависимости от параметров, указанных на схеме (Рис. 1). Участок бетонной смеси считается уплотненным по следующим признакам:

- 1) Прекращение выделения воздушных пузырьков.
- 2) Прекращение оседания бетонной смеси.
- 3) Появление цементного молока на поверхности.

Итоги проделанной работы:

1. Выполнен анализ параметров, оказывающих влияния на работу глубинных, поверхностных и наружных вибраторов, на основе которого составлена схема.

2. На основе проделанной работы была сформирована таблица отражающая область применения и длительность вибрирования в зависимости от типа вибратора, а также подвижности бетонной смеси.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Уплотнение бетонной смеси вибраторами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/1931775/>.

2. Колобов, А.В. Вибраторы ручные, глубинные и поверхностные, электрические для уплотнения бетонных смесей / А.В. Колобов, Б.И. Бычковский, М.И. Стронгин. – М. : ОАО ПКТИПромстрой, 2000. – 52 с.

3. Шалягин, Г.Л. Строительные и путевые машины: учебное пособие по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация железнодорожного строительства» / Г.Л. Шалягин, А.А. Пиотрович, В.Н. Полоз. – Хабаровск. : Издательство ДВГУПС, 2008. – 129 с.

**УДК 691.32**

*Руднев С.В., Сабынин В.В., Левшина Д.Э.*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **БЕТОНЫ С КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ПОЛИКАРБОКСИЛАТОВ**

При изготовлении бетонных смесей с улучшенными характеристиками применяются комплексные добавки на основе эфиров поликарбоксилатов, позволяющие получить высокопрочные и высококачественные бетоны с низкими водоцементным отношением и величиной капиллярной пористости [1-3].

Получение комплексных добавок на основе эфиров поликарбоксилатов и исследование особенностей влияния данной добавки на структурообразование цементных композиций является актуальным и перспективным направлением разработки эффективных технологий высокоэффективных бетонов, характеризующихся высокими эксплуатационными свойствами [4-6].

Главным положительным свойством введения в бетонную смесь поликарбоксилатов является получение высокой подвижной смеси, улучшение технологических свойств смесей. Преимущества применения данной добавки представлены на рис.

## Преимущества применения поликарбоксилата

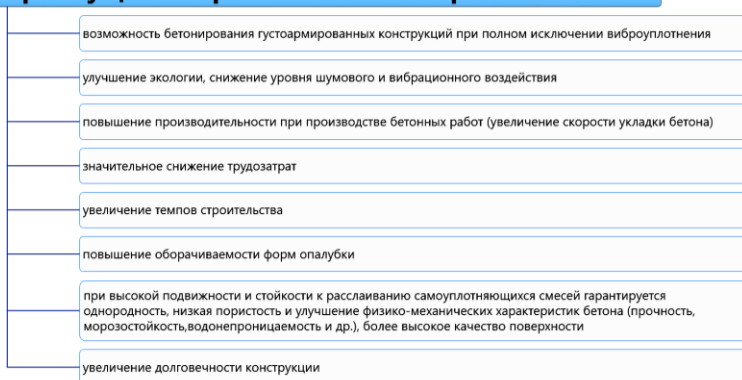


Рис. Преимущества применения поликарбоксилата

Исследовано влияние модификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов на удобоукладываемость бетонной смеси и прочность бетона с проектным классом по прочности на сжатие В22,5.

Эффективность действия добавок оценивалась в соответствии с требованиями ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности».

В качестве сырьевых материалов использовались: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н; песок кварцевый с модулем крупности 1,68; известняковый щебень фракции 5...20, D600. Также в состав смеси вводилась зола-унос в количестве 10% от массы цемента.

В качестве пластифицирующих добавок применялись:

– Реопласт ПКЭ2101 – гиперпластифицирующая добавка для регулирования удобоукладываемости, связности и сохраняемости смесей, а также для уменьшения водоцементного отношения и повышения прочности бетона, расход добавки по сухому веществу от массы цемента составила 0,5 %;

– Реопласт НС01 – суперпластифицирующая добавка в бетон, регулирующая пластичность, плотность, связность и удобоукладываемость бетонных смесей, расход добавки по сухому веществу от массы цемента составила 0,8 %.

Осадка конуса бетонной смеси составила:

– с добавкой Реопласт ПКЭ2101 – 8 см, что соответствует подвижности бетонной смеси П2;

– с добавкой Реопласт НС01 – 10 см, что соответствует подвижности бетонной смеси П3.

Также проведены исследования по определению прочности на сжатие бетонов с применяемыми пластифицируемыми добавками. Прочность образцов составила 37,87 МПа с добавкой Реопласт ПКЭ2101 и 29,78 МПа с добавкой Реопласт НС01.

Была проведена оценка экономической эффективности применения пластифицирующих добавок. Экономия с 1 м<sup>3</sup> бетона составила 130 рублей при использовании Реопласт ПКЭ2101 и 114 рублей при использовании Реопласт НС01.

Применение добавок способствует значительному снижению водоцементного отношения (водоцементное отношение составило В/Ц=0,3) и получению бетонов с высокими прочностными характеристиками при достаточно низких расходах цемента. Высокий результат получен при использовании пластифицирующей добавки отечественного производства Реопласт ПКЭ2101, процент набора прочности бетона с ее применением составил 130 % от требуемой прочности на сжатие.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Слепухин А.С., Плехова С.И. Высокотехнологичные бетоны с использованием суперпластифицирующих добавок на основе поликарбоксилата // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 63-66.
2. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале - основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 154-159.
3. Сулейманова, Л. А. Поведение бетона под нагрузкой, механизм его разрушения и оценка этого процесса / Л. А. Сулейманова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 68-75.
4. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34-37.
5. Сулейманова Л.А., Слепухин А.С., Плехова С.И., Ряпухин А.Н. Эффективность пластифицирующих добавок при производстве высокотехнологичных бетонов // В сборнике: Научно-технические инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 190-193.

6. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2006. № 15. С. 155-163.

**УДК 69**

***Рыженков Е.Н.***

***Научный руководитель: Крючков А.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ СЖАТО-ИЗГИБАЕМОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ**

С течением времени конструкции подвергаются старению и теряют свои конструктивные особенности [1]. Так же на этапе строительства из-за несовершенства технологии возведения работ по бетонированию, технология монолитного домостроения часто несет в себе опасность занижения прочности бетона в конструкциях [2]. Это связано с влиянием внешних факторов, таких, как бетонирование в условиях жаркого климата [3] или, наоборот, при отрицательных температурах [4], сложностями доставки бетона в опалубку [5], качественное его вибрирование [6] и др. Нередки случаи субъективных факторов, связанных с ошибками строителей.

Всё это ведёт к отклонениям от проекта, и, в результате заключений по обследованию зданий, приводит к необходимости замены конструкций или их усилению. Усиление наиболее важных конструктивных элементов, таких как колонн, поможет избежать их преждевременного разрушения и позволит продлить срок эксплуатации здания.

В зависимости от степени повреждения, формы и характера действующих усилий распространенными способами усиления являются [9]- [12]:

- Устройство железобетонной обоймы;
- Устройство железобетонной обоймы с косвенным армированием;
- Установка одно- и двусторонних распорок;
- Устройство железобетонной рубашки;
- Установка предварительно напряженных хомутов;
- Усиление колонн металлической обоймой;

- Усиление колонн лентами из углеволокна;
- Установка боковых разгружающих элементов
- Устройство обоймы из поверхностнооклеечного стеклопластика
- Установка преднапрягаемых усиливающих элементов
- Установка металлических обойм из уголка

Как показывает практика, окончательный выбор метода усиления железобетонных конструкций зависит от влияния большого количества факторов, учитывающих, как технические возможности, так и экономическую целесообразность каждого известного метода усиления [13]-[15]. Современное строительство требует методов усиления, позволяющих сократить трудозатраты и время производства работ, при этом, сохранить эстетический облик строящегося или восстанавливаемого здания. Камнем преткновения становится цена вопроса и надёжность методов усиления. С этой целью было проведено сравнение двух известных и используемых методов усиления, таких как железобетонная обойма и металлическая обойма.

В качестве материалов исследования была взята колонна, длиной 3 м, сечением 40x40см и внутренним армированием 4Ø25A500.

Для понимания вопроса научного исследования, ниже приведены примеры расчётов усиления колонны тремя методами при коэффициенте усиления 1,5, согласно действующим нормативным документам СП 164.1325800.2014 и СП 63.13330.2018.

Исходные данные:

Сечение 40x40 см. Длина колонны 3м. Класс бетона В25( $R_b=14,5$ МПа). Класс продольной арматуры А500 ( $R_{sc}=400$ МПа). Стержни продольной арматуры 4Ø28A500 ( $A_{s,tot}=24,63$  см<sup>2</sup>).

Расчет элементов усиления ж/б колонны ж/б обоймой:

- Определяем несущую способность существующего сечения по формуле (1):

$$N_{0ult} = \varphi * [R_b * A_b - R_{sc} * A_{s,tot}] \quad (1)$$

$$N_{0ult} = 330520 \text{ кг} * c$$

-по формуле (2) определяем площадь сечения обоймы:

$$A_{b,ad} = \frac{\left[ \frac{N}{\varphi} - R_b * A_b - R_{sc} * A_{s,tot} \right]}{R_b + 0,01 * R_{sc}} \quad (2)$$

$$A_{b,ad} = 893 \text{ см}^2$$

Принимаем толщину обоймы по конструктивным соображениям.

- Фактическая площадь сечения обоймы колонны по формуле (3):

$$A_{b,ad}^{\text{факт}} = 2 * b * d + 2 * h * d + 4 * d^2 \quad (3)$$

$$A_{b,ad}^{\text{факт}} = 1104 \text{ см}^2$$

-Площадь дополнительной арматуры (4):

$$A_{s,ad} = 0,01 * A_{b,ad} \quad (4)$$

$$A_{s,ad} = 11,04 \text{ см}^2$$

Принимаем: 4Ø16 А500  $A_{sw,ad} = 8,04 \text{ см}^2$

Шаг поперечной арматуры класса А240 принимаем  $S = 150 \text{ мм}$ .

Результаты расчетов показали: Железобетонная обойма принимается габаритами, принятыми согласно конструктивным соображениям. Толщина набетонки принимается равной 6 см, а продольное армирование - 4 стержня диаметром 16 А500, что соответствует примерно 1% от площади набетонки. На усиление одной колонны требуется затратить 0,33м<sup>3</sup> бетона.

Расчет элементов усиления ж/б колонны стальной обоймой:

Принимаем вариант усиления колонны металлической обоймой из стали марки ВСт3псб (класса С235) с термонапряженными соединительными планками.  $R_y = R_{sc} = 215 \text{ МПа}$ . Уголки устанавливаем на цементно-песчаном растворе с плотным прилеганием к колонне по всей длине. Уголок может изгибаться только на участке между планками.

-Площадь сечения из четырех уголков при по формуле (5):

$$A_{s,ad} = \frac{\left[ \frac{N}{\varphi} - R_b * A_b - R_{sc} * A_{s,tot} \right]}{R_{sc,ad}} \quad (5)$$

$$A_{s,ad} = 76,87 \text{ см}^2$$

принимаем 4L125x8, для которых:

$$A_{s,ad1} = 19,7 \text{ см}^2; A_{sad,tot} = 78,8 \text{ см}^2; i_x = 3,9 \text{ см};$$

По конструктивным требованиям принимаем:  $L = 40 \text{ см}$

Ширину полосы принимаем конструктивно равной 8 см, следовательно расстояние в свету ветви уголка между полосами:

-Несущая способность железобетонной колонны, усиленной металлической обоймой определяем по формуле (6):

$$N_{0ult} = \varphi * [R_b * A_b + R_{sc} * A_{s,tot} + \varphi_1 * R_{sc,ad} * A_{sad,tot}] \quad (6)$$

$$N_{0ult} = 498245,8 \text{ кгс} > N_{ad} = 495800 \text{ кгс}$$

Вариант усиления металлической обоймой показал, что необходимо на колонну установить 4 металлических уголка, шириной 125мм, толщиной 8 мм. В качестве поперечных планок используются полосы шириной 8 см, расположенные с шагом 40 см. Всего расход материалов составляет - 12 м. уголков и 11 м. полос. Данный метод существенно дороже предыдущего.

За основу данного научного исследования были взяты результаты теоретических расчетов. Рассмотрен и рассчитан нормативный вариант усиления сжатого железобетонного элемента с выводом объема.



Результаты теоретических расчетов по прочности и сопоставление необходимого объема используемых материалов усиления являются ключевыми при выполнении анализа и построения выводов.

Усиления колонн устройством железобетонной обоймы. Этот метод позволяет уменьшить поперечные деформации усиливаемого элемента и восстановить несущую способность колонн.

С точки зрения расхода материалов, железобетонная обойма является наиболее экономичным видом усиления.

Особо важной частью является достижение совместной работы старого и нового бетона, в дальнейшем это будет рассмотрено подробнее.

Согласно полученным данным и проведённому анализу, можно сделать следующие выводы:

1. Описанные в данной статье методы усиления позволяют увеличить прочность колонны на коэффициент усиления 1,5.

2. Согласно стоимости и расхода материалов усиления, дешевле оказался метод усиления железобетонной обоймой.

3. В работе были рассмотрены примеры расчёта 1 колонны, при одном коэффициенте усиления. Для полной ясности картины требуется увеличить число коэффициентов усиления и экономическое сравнение выполнить согласно большего числа конструкций.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пупынин Ю.Г., Крючков А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния каменных и армокаменных конструкций с малыми эксцентриситетами // В сборнике: Проектирование и строительство. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 110-111. Смоляго Г.А., Корсунов Н.И., Крючков А.А., Луценко А.Н. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 38-39.

2. Смоляго Г.А., Корсунов Н.И., Крючков А.А., Луценко А.Н. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 38-39.

3. Баскаков К.О. Особенности бетонирования при строительстве высотных зданий в условиях сухого жаркого климата // StudNet. 2020. Т. 3. №5. С. 425-431.

4. Чернова А.Р., Пыжьянова Д.В., Терехов И.Г. В Бетонирование в

условиях отрицательных температур // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук. Материалы Международной научнотехнической конференции Памяти В. Х. Хамаева. 2016. С. 148-150.

5. Солодкова Е.В. Особенности транспортировки товарного бетона в РФ // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Материалы Пятидесятой научной и учебно-методической конференции. СанктПетербург, 2021. С. 210-213.

6. Максимович С.В. Факторы, влияющие на прочность бетона монолитных конструкций // Современные строительные материалы и технологии. Сборник научных статей II международной конференции. Под редакцией М. А. Дмитриевой. 2020. С. 47-63.

7. Дворников В.М. Прочность и деформативность внецентренно сжатых усиленных под нагрузкой железобетонных элементов : Дис. . канд. техн. наук: 05.23.01. Курск. 2003. 222 с.

8. Митрофанов В.Г.Т. О трактовке понятия "Чистый срез" для бетона // Совершенствование расчётов прочности элементов бетонных, железобетонных и каменных конструкций : сборник научных трудов. Полтава.: Полт. НТУ. 2007. С. 50-62.

9. Бондаренко С.В., Санжаровский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий. М. : Стройиздат. 1990. 352 с.

10. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций. Киев : Бушвельник. 1975. 191 с

11. Сконников А.В. Расчёт железобетонных стержневых конструкций при усилении: Автореф. дис.: канд. техн. наук : 05.23.01. Л. 1991. 25 с.

12. Фардиев Р.Ф. Оценка напряжённо-деформированного состояния сжатого элемента, усиленного железобетонной облоймой // Проблемы современного строительства: Сборник научных трудов. Пенза. 2009. С. 163168.

13. Бадьин Г.М. Усиление строительных конструкций при реконструкции и капитальном ремонте зданий [Текст]: учеб. Пособие / Г.М. Бадьин, Н.В. Таничева. — М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010 (Курган). — 111.

14. Юдина А.Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений [Текст]: учеб. пособие/А. Ф. Юдина. — 3-е изд., стер. — М.: Академия, 2014. — 319 с.

15. Кожемяка С.В., Хохлакова Д.А., Крупенченко А.В. Выбор методов усиления железобетонных колонн в условиях реконструкции действующих промышленных предприятий / Вестник Донбасской

**УДК 620.1**

***Рябокоть И.Р., Сенкевич А.Д.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ БАЛОК**

Эксперимент – важная часть научного исследования. Для выявления действительных параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) исследуемых образцов стальных балок с поясами из гнуто-замкнутого профиля и гофрированной стенкой запланировано испытание опытных образцов.

Испытания балок целесообразно провести в специальном силовом стенде, который должен обеспечивать условия для решения задач экспериментальных исследований: закрепление образца, приложение нагрузки, установку измерительных средств и снятие с них показаний.

Рассмотрены варианты конструкции стендов для исследования изгибаемых элементов [1-4]. Установлено, что эти испытательные стенды не в полной мере обеспечивают выполнение поставленных задач и программы предстоящих испытаний. Вследствие этого возникла необходимость разработать стенд оригинальной конструкции, который должен соответствовать следующим требованиям:

- пролет не менее 4м;
- две сосредоточенные силы не менее 245 кН в третях пролета;
- шарнирное опирание образца с двух сторон;
- закрепление балки от потери боковой устойчивости;
- возможность испытания образца на поперечный изгиб;
- возможность оценки жесткости образцов при кручении;
- возможность приложения крутящего момента.

В рамках подготовительных работ выполнен анализ материалов статей [5-7], в которых представлены результаты экспериментальных исследований стальных балок. В работе [5] предметом исследования является работа двутавровой балки на стесненное кручение. В публикации [6] представлены результаты испытания балки на поперечный изгиб. В статье [7] приведены данные оценки влияния на

вертикальные перемещения разных вариантов конструктивных решений опорных зон балок.

С учетом изложенного выше, разработана экспериментальная установка, которая может быть использована как для испытания образцов на поперечный изгиб, так и для определения их жесткости при кручении. Общий вид установки показан на рисунке 1.

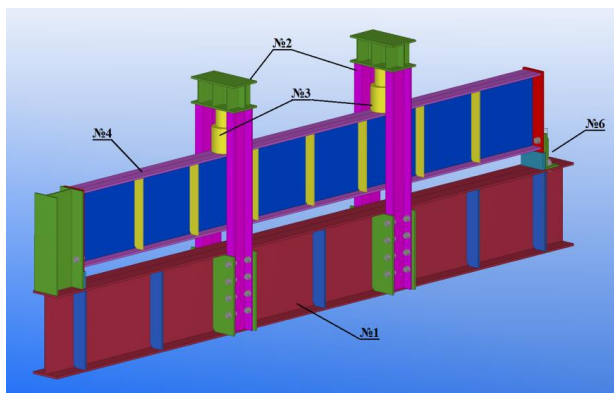


Рис. 1 Испытание образца на поперечный изгиб в стенде

Станина (позиция №1, рис. 1) запроектирована из прокатного двутавра 50Б1. П-образная рама (позиция №2, рис. 1) имеет сечение: стойки из одиночных швеллеров 18П, перемычка – сварной двутавр. Гидравлические домкраты обозначены позицией №3, опытный образец №4 установлен на опорные ребра, при этом опорный столик №6 съемный и крепится на болтах.

На основании предварительно принятых данных в программном комплексе Tekla Structures разработана трёхмерная модель установки. В дальнейшем модель была импортирована в программный комплекс Ansys 2022 R1. Численный расчет установки подтвердил достаточность назначенных сечений. На рисунке 2 приведена мозаика эквивалентных напряжений в станине стенда. Эквивалентное напряжение – результирующая величина различных параметров НДС действующих в конечном элементе.

Максимальное перемещение в станине от усилий в 245 кН составило 5мм, что удовлетворяет критерию деформативности. Требования по критерию прочности при действии изгибающего момента также выполняется: в наиболее нагруженном сечении станины максимальное нормальное напряжение составляет 178 МПа. Прочность при действии локальных и касательных напряжений как показывает

моделирование, а также общая (боковая) устойчивость двутавра также обеспечена. Значения усилий в элементах П-образной рамы не превышают их несущей способности. В целом параметры конструкций стенда по критериям предельных состояний имеют достаточные запасы для проведения испытаний образцов.

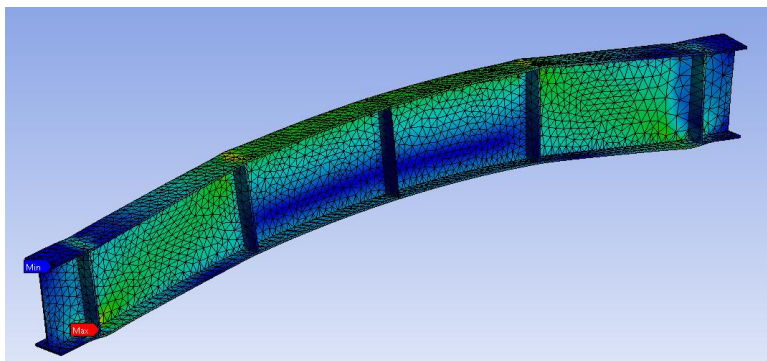


Рис. 2 Мозаика эквивалентных напряжений в станине

Для испытания образца на кручение конструкцией стенда предусмотрена иная схема закрепления опытного образца. С левой стороны торец образца закреплен от горизонтальных и вертикального перемещений, а также от поворота. С правой стороны торец закреплен от перемещений по трем направлениям, но имеет свободу поворота относительно своей продольной оси. Общий вид стенда с опытным образцом при испытании на кручение показан на рисунке 3.

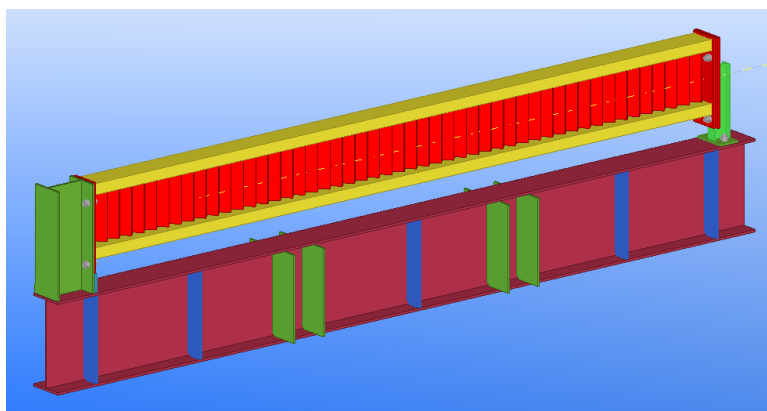


Рис. 3 Образец в стенде при испытании на кручение

Создание крутящего момента производится весовой нагрузкой посредством гибких тросов и системы блоков. Величина крутящего момента ограничена упругими деформациями в опытном образце. Крутящий момент прикладывается ступенями. Измерение угла поворота торца опытного образца производится при помощи клинометров.

Методикой проведения испытаний предусмотрено кратковременное статическое нагружение опытных образцов. Нагрузка при испытании на поперечный изгиб прикладывается ступенями в долях от расчетной предельной нагрузки образца. Для измерения прогибов используются индикаторы часового типа с ценой деления 0.01мм. В качестве измеряемых параметров НДС приняты нормальные напряжения по сечению, локальные напряжения под сосредоточенной нагрузкой, напряжения в гофрированной стенке. Измерение напряжений производится средствами электротензотметрии.

Всего предусмотрено испытать: на поперечный изгиб 8 опытных образцов различного конструктивного исполнения; на кручение 5 опытных образцов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент N 1677583 Российская Федерация, МПК G01N 3/34 (2006.01). Стенд для испытаний балок на выносливость: N 4381829: заявл. 1987.12.29; опубликовано 1991.09.15/ Нежданов К.К., Нежданов С.К., Крапин В.Ю., Захаров В.Н.
2. Патент N 1786382 Российская Федерация, МПК G01M 5/00 (2006.01). Установка для испытаний конструкций на чистый изгиб: N 4216762: заявл. 1987.03.27; опубликовано 1993.01.07/ Хачатрян А.И.
3. Патент N 376681 Российская Федерация, МПК G01M 5/00 (2006.01). Стенд для испытания строительных конструкций на косоу изгиб: N 1632237/29-14: заявл. 1971.03.05; опубликовано 1973.04.05/ Смирнов Л.Г.
4. Патент N 1506330 Российская Федерация, МПК G01 N 3/36 (2006.01). Стенд для испытания балок на прочность: N 4298240: заявл. 1987.08.17; опубликовано 1989.09.07 / Лучко И.И., Иваницкий Я.Л., Белый И.П.
5. Туснин А. Р., Прокич М. Экспериментальные исследования работы балок двутаврового сечения при действии изгиба и кручения //Magazine of Civil Engineering. – 2015. – №. 1 (53). – С. 24-31.
6. Иодчик А. А. Сравнительная оценка результатов расчетов, численного эксперимента и натурных испытаний стальных балок,

предварительно напряженных изгибом //Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2016. – №. 1. – С. 393-398.

7. Крылов А.С. Экспериментальная оценка точности расчетов стальных балок при различных граничных условиях. Строительство и реконструкция. 2019;(1):48-55.

*УДК 69.059*

*Рябцев Р.А., Болотских А.А.*

*Научный руководитель: Сальникова О.Н., канд. фил. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ**

Землетрясения, извержения вулканов, горные удары, обвалы, выбросы пород и газа из горного массива – все это страшные природные явления, которые носят общее название – сейсмические явления. Они приносят с собой не только массовые разрушения инфраструктуры городов, но и уносят за собой многочисленные жизни людей и животных. Данный вопрос как никогда актуален, так как за последние 5 лет количество землетрясений увеличилось на 60%. За 2017 год произошло 254569 толчков, из которых 1 землетрясение было магнитудой 8 баллов, а за прошедший 2022 год произошло 408737 землетрясений, из которых уже 11 было магнитудой более 7 баллов [1].

Россия, по сравнению с другими странами мира, расположенными в сейсмоактивных регионах, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Но все же эти явления для нас не редки. По словам генерального директора Международного центра глобального мониторинга сейсмического риска Самвела Акопяна в России самый сейсмоопасный регион – Камчатский. В данном регионе могут происходить очень сильные землетрясения с магнитудой около 9, что является большим баллом и весьма опасным для жизни населения. Вторая активная зона – Кавказ. Сегодня на Кавказе в прибрежной зоне Каспия на глубине 30 – 40 километров наблюдается возможность образования землетрясения с магнитудой 6,2. На Камчатке самая опасная зона – это стык Курило-Камчатской зоны и Алеутской, там идет накопление напряжений, будет опасно в ближайшие два-три года. И опасная зона на юге Курильских островов [2].

Как известно, сейсмические явления – это процессы движения пород, магмы и флюидов в литосфере и мантии Земли, способные создавать сейсмическую энергию и использовать ее в виде механических импульсов.

При проектировании сейсмостойких зданий и сооружений и при усилении зданий существующей застройки следует:

- принимать объемно-планировочные и конструктивные решения, которые будут обеспечивать симметричность и регулярность распределения в плане и по высоте здания таких параметров как масс, жесткостей и нагрузок на перекрытия;

- необходимо подбирать такие материалы, конструкции и конструктивные схемы, которые будут осуществлять наименьшие значения сейсмических нагрузок;

- необходимо создать возможность для в специальных элементах конструкций допустимых неупругих деформаций;

- при расчетах металлических конструкций зданий и сооружений важно учитывать нелинейные деформации конструкций;

- немало важно предусматривать конструктивные мероприятия, которые обеспечивают устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах и соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключают возможность хрупкого их разрушения;

- если в конструкции нужно расположить тяжелое оборудование, то его стоит располагать на минимально возможном уровне по высоте здания [3].

Перед строителями и инженерами встают очень важные задачи по проектировании зданий в сейсмоопасных районах. Первой задачей является обеспечение достаточной прочностью здание. То есть любые поломки в зданиях возможны, но они не должны привести к полному разрушению целостности здания. Это особенно важно в тех районах, где сейсмическая активности является постоянной и возможно возникновение землетрясений больших магнитуд. Второй задачей является быстрое и экономичное восстановление зданий и сооружений.

Рассмотрим содержание зданий и сооружений, расположенных в сейсмических районах. В период между землетрясениями должно соответствовать их содержанию в обычных условиях. Необходимо часто проводить осмотры зданий для обнаружения угроз разрушения. Если обнаружены трещины в стенах, коррозия закладных деталей и они не представляют угрозы, то они должны быть обязательно зафиксированы и их необходимо учитывать в планировании последующего ремонта.



Если были обнаружены трещины в колоннах и ригелях каркасы, в простенках, смещения настилов и нарушения стыков, то они требуют незамедлительного вмешательства в виде ремонта. Они представляют серьезную угрозу для зданий и сооружений.

Оценка прочности и надежности несущих конструкций зданий и сооружений производится после инженерного обследования с помощью использования измерительных приборов и лабораторных методов исследования. Данная оценка необходима сооружениям и зданиям, которые эксплуатируются в течении долгих лет. Результатом обследования является акт общего осмотра и на основании его дается заключение о состоянии несущих конструкций и их соответствии проектным назначениям. Далее делаются выводы об относительно общей сейсмостойкости здания или сооружения.

Для стыков сборных конструкций, которые были подвержены коррозии, следует провести следующие работы: расчистить место коррозии, покрыть их защитным составом и заделать прочным цементным раствором или бетоном.

Рассмотрим те действия, которые нельзя осуществлять при ремонтных работах. Без точного знания, в каком состоянии находятся трещины нельзя их самостоятельно заделывать. Если присутствуют антисейсмические швы, то не допускается заделывать их наглухо. Говоря о железобетонных элементах конструкций, нельзя обнажать арматуру без особых обоснований, например, необходимости усиления конструкции.

После землетрясения производятся внеочередные осмотры здания, его оборудования, коммуникаций. Обнаруженные повреждения и деформации должны быть подробно изучены и отражены в акте с указанием размеров трещин. На опасных зонах необходимо поставить маяки. В здания, признанные аварийными, вход людей должен быть воспрещен.

Здания, которые подлежат восстановлению, перед разработкой проекта восстановительных работ должны обследоваться проектной организацией. При выполнении работ по фундаментам, устройству антисейсмических поясов, заделке стыков, кладке стен, по замоноличиванию перекрытий должны обязательно составляться акты на скрытые работы, в которых подтверждается качество выполнения работ и их соответствие нормам проектирования и строительства в сейсмических районах. Акты должны составляться непосредственно после завершения работ по каждой конструкции в отдельности. В период очередного осмотра зданий необходимо уточнить сейсмичность территории или населенного пункта по государственным нормам.

Здания, сейсмичность которых окажется недостаточной, должны быть усилены при очередном капитальном ремонте по специальному проекту [4].

Таким образом, чтобы эксплуатируемое сооружение или здание прослужило долго, следует выполнять определенные задачи. Рассматривая районы повышенной сейсмической активности, необходимо уделять большое значение вопросам, связанным не только с проектированием и строительством, но и с эксплуатацией зданий и сооружений. Постоянный контроль за зданиями и сооружениями – залог безопасности и долгой эксплуатации. Необходимо иметь разработанные мероприятия на случай повышения сейсмической активности на территории, в том числе мероприятия по восстановлению эксплуатационных качеств сейсмостойких зданий. Для этого могут быть использованы традиционные и нетрадиционные подходы усиления: сейсмоизоляция и сейсмогашение. Проверка строительных объектов после землетрясений должна осуществляться в обязательном порядке. После нее должны быть составлены планы работ по устранению и восстановлению разрушенных частей. Выбор методов усиления осуществляется на основе техникоэкономического анализа с учетом всех нормативных требований, предъявляемых к сейсмостойким зданиям и сооружениям [5].

Землетрясения могут происходить в самых разных местностях и могут иметь разную степень опасности. Поэтому приходится находить новые решения. Одной из самых трудных и важных задач сейсморазведки является определение скоростных характеристик геологической среды, от успешного решения которой зависит получение адекватной геологической модели [6 – 7].

Рассмотренные особенности при проектировании высотных зданий и сооружений сейсмически опасных районов свидетельствуют о многообразии путей в решении сейсмостойкого строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архив: прошлые землетрясения по миру: сайт. [Электронный ресурс] URL: <https://www.volcanodiscovery.com/ru/zemletryaseniya/archive/2017.html> (дата обращения: : 02.04.2023).
2. Национальная служба новостей: официальный сайт. [Электронный ресурс] URL: <https://nsn-fm.turbopages.org/nsn.fm/s/incident/planetu-tryaset-uchenye-nazvali->

cheloveka-vinovnym-v-vozniknovenii-zemletryasenii\_\_ (дата обращения: 02.04.2023).

3. Сейсмозащитные устройства: актуальные проблемы сейсмобезопасности: монография / под ред. Н.П. Абовского; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. 99 с.

4. Белаш Т. А. Особенности строительства и эксплуатации сейсмостойких зданий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2008. №4. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-stroitelstva-i-ekspluatatsii-seysmostoykih-zdaniy> (дата обращения: 02.04.2023).

5. Халикова А. С., Гамаюнова О. С. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах // Инженерные исследования. 2021. № 5 (5). С. 31.

6. Ахмедов Т.Р., Алиева К.Ф., Мамедова А.М. Уточнение геологического строения и скоростной характеристики разреза методом параметрической развертки отражений по данным сейсморазведки // Вектор ГеоНаук. 2022 Т.5. №1. С. 12-24. DOI: 10.24412/2619-0761-2022-1-12-24.

7. Оноприенко Н.Н. Учет инженерно-геологических факторов в формировании кадастровой стоимости земли // Вектор ГеоНаук. 2018. Т. 1. - №3. С. 73-79.

**УДК 338.2**

*Рябчевский И.С., Сулейманов И.С., Чесноков И.А.*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIM НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Весь процесс строительного проекта от планирования, проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания до сноса характеризуется высокой технологичностью, длительным строительным циклом, отсутствием дублирования и множества единиц.

Информационная передача традиционного управления строительными проектами не является гладкой, и дублирование является обычным явлением, теперь использование технологии BIM

обеспечивает совместную работу подразделений и обмен информацией о строительном проекте [1].

Технология BIM обладает такими характеристиками, как совместное использование, визуализация, координация, моделирование, оптимизация и рисование. Составление разумного плана выполнения проекта BIM позволит в полной мере реализовать все ценности BIM и реализовать ожидания строительного проекта (рис. 1).



Рис. 1 Процедура планирования выполнения BIM-проекта

Сочетая вышеуказанные преимущества BIM и соответствующую интерпретацию применения BIM международных организаций, перед реализацией строительного проекта, в соответствии с требованиями заказчика к проекту, необходимо сформулировать фактический план выполнения проекта BIM. Он будет предоставлять единый метод для заинтересованных сторон проекта, и ожидается, что проект достигнет результатов за счет обмена и постоянного обновления информации [2].

План выполнения проекта BIM является центральным документом для внедрения BIM. Этот план должен быть разработан и строго соблюдаться коллективом BIM-команды проекта.

План выполнения проекта BIM, как правило, должен включать следующее: четкие требования BIM, четкие роли и обязанности команды, регулирование уровня разработки, определение плана контроля качества точности стандартной модели BIM, четкость процесса подачи заявки BIM, четкое расписание и требования к доставке приложения. модели BIM, определить обмен информацией

между требованиями приложения BIM и разработать различные этапы содержания приложения BIM и т. д.

Требования BIM определяются общими целями владельца, деловой практикой и корпоративной культурой. Убедиться, что командные роли и обязанности будут способствовать реализации цели проекта; Стандарты точности модели помогут определить модель разработки и требования к данным в соответствии с требованиями контракта; определение плана контроля качества BIM обеспечит точность данных модели; убедиться, что процесс применения BIM, требования модели и планирование применения BIM просты для реализации проекта и достижения общей цели; определение требований к обмену информацией между приложениями BIM может максимизировать будущую совместимость; Создание содержимого приложения BIM на каждом этапе находится в центре внимания плана выполнения проекта BIM [3].

План выполнения проекта BIM следует рассматривать как живой документ, который следует постоянно развивать и уточнять на протяжении всего жизненного цикла разработки проекта.

Основное содержание плана выполнения проекта BIM должно быть отражено в инженерном контракте и распространено среди всех участников проекта. Участники проекта должны рассматривать его как часть общего плана проекта [4].

Модель призвана служить различным профессиональным задачам на протяжении всего жизненного цикла проекта, и разные профессиональные задачи могут различаться по содержанию и информационным требованиям к элементам модели. Для каждого из видов использования BIM необходимо определить уровень развития, чтобы максимизировать выгоду от использования BIM [5].

Элементы модели и их геометрическая и негеометрическая информация, содержащаяся в каждой степени детализации модели, должны соответствовать потребностям моделей для различных профессиональных задач на данном этапе.

Модели, созданные во время планирования, проектирования, строительства и эксплуатации, продолжают служить информационными ресурсами, используемыми для обеспечения оптимальной эффективности работы здания.

Вся команда Project BIM отвечает за контроль качества. План контроля качества должен использоваться для обеспечения точности данных модели. Координатор приложения BIM должен управлять процессом применения BIM и контролировать качество работы. Мы должны координировать совместный процесс BIM, сроки и стандарты

доставки, а также контролировать проверку качества модели доставки каждого участника.

Стандарт качества для модельной деятельности должен быть определен на ранних стадиях проекта. Перед началом проекта BIM мы должны уточнить способ совместной работы, совместный рабочий процесс и стандарты, формат данных и принципы именования файлов моделей. Чтобы обеспечить единство всех единиц стандартов модели BIM, удовлетворить потребности в позднем обслуживании модели и обмене данными, на модели стандарта цвета требуются единые требования, цвет здания, конструкции и других соответствующих профессиональных механических и электрических компонентов; Модель BIM и приложение BIM должны следовать принципу согласованности версии программного обеспечения и формата данных; Срок службы строительного проекта на каждом этапе модели BIM должен учитывать этап именования, профессию, простую идентификацию и удобство использования [6].

В то же время должно быть выполнено планирование качества, а меры по обеспечению качества и контролю качества должны быть четко определены до модельных действий, чтобы соответствовать требованиям управления проектом и поставки BIM для удовлетворения требований владельцев. Меры обеспечения качества должны включать в себя, по крайней мере, требования к точности соответствующих моделей для того, чтобы модели соответствовали результатам, а меры по контролю качества должны включать, по крайней мере, систему координат, типы файлов, правила именования, версию программного обеспечения и т. д.

Суть технологии BIM заключается в обмене информацией, что позволяет разным владельцам использовать модель самыми разными способами.

По мере того, как проект переходит от этапа к этапу, информация, содержащаяся в BIM, увеличивается как в количестве, так и в специфике.

В соответствии с различными реализациями внедрение BIM можно разделить на BIM строительной единицы и BIM подрядчика. Строительная единица BIM относится к строительной единице для завершения строительства и управления проектом, применяя технологию BIM самостоятельно или сторонними специализированными агентствами для достижения цели проекта. Подрядчик BIM относится к проектным, строительным или связанным с ними подразделениям, применяющим технологию BIM для выполнения своих собственных проектов, достигающих целей

проектирования, строительства или других связанных с проектом целей. Конечно, лучше всего в строительный блок BIM, которым руководит строительный блок. Технология BIM применяется всеми участниками на протяжении всего жизненного цикла проекта, что позволяет в полной мере использовать максимальную пользу и ценность технологии BIM [7].

Применение BIM на всех этапах всего жизненного цикла строительных проектов в основном включает в себя основные виды использования BIM, расширенное использование BIM и использование BIM на этапах эксплуатации и технического обслуживания. Применение BIM следует рассматривать в соответствии с целями проекта и четко фиксировать в плане выполнения проекта BIM.

В настоящее время основное применение модели BIM включает в себя модель существующих условий, оценку стоимости, поэтапное планирование, программирование, анализ площадки, анализ проекта, авторский проект, энергетический анализ, структурный анализ, анализ освещения, механический анализ, другой анализ, оценку LEED, проверка кода, 3D-координация, планирование использования площадки, система строительства, цифровое производство, 3D-контроль и планирование, запись модели, планирование технического обслуживания, анализ системы здания, управление активами, управление / отслеживание пространства, планирование на случай стихийных бедствий, 4D-моделирование, 5D-моделирование и т. д.

Модель эксплуатации и технического обслуживания должна быть получена из модели заканчивания. В соответствии с функциональными требованиями и форматом данных системы эксплуатации и технического обслуживания модель завершения преобразуется в предварительную модель эксплуатации и технического обслуживания, а полнота модели эксплуатации и технического обслуживания проверяется в соответствии со стандартом модели эксплуатации и технического обслуживания. Принятие квалифицированной информации и сопутствующей информации должно быть связано с начальной моделью эксплуатации и технического обслуживания или добавлено к ней для формирования окончательной модели эксплуатации и технического обслуживания. Информация о здании, а также информация об эксплуатации и техническом обслуживании, основанная на информационной модели здания, может реализовать управление эксплуатацией и техническим обслуживанием на основе модели, а также реализовать управление активами, объектами, аварийными ситуациями и пространством, снизить затраты на

эксплуатацию и техническое обслуживание, а также повысить уровень управления эксплуатацией и техническим обслуживанием [8].

Этап эксплуатации и технического обслуживания, который использует BIM, включает в себя управление пространством, управление активами, управление техническим обслуживанием объектов и оборудования, управление аварийными ситуациями, управление энергопотреблением, планирование и управление чрезвычайными ситуациями и т. д. Некоторые приложения охватывают различные этапы, такие как режим состояния, бюджет затрат на протяжении всего процесса. весь жизненный цикл строительства проекта планирования, проектирования, строительства и эксплуатации.

Стремительное развитие информационных технологий в строительстве, особенно стремительное развитие Интернета вещей и технологий BIM, позволяет обмениваться информацией на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов. Формулировка разумного плана выполнения проекта BIM полностью раскрывает ценность BIM и обеспечивает единый метод для заинтересованных сторон проекта. Заинтересованные стороны используют свои преимущества за счет лучшего сотрудничества, реализуют обмен информацией на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов и оправдывают ожидания в строительном проекте.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.

2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве. – Белгород, 2018.

3. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

4. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

5. Volume 1101, W078: Information Technology for Construction Citation K J M Tönis and J T Voordijk 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.1101 092026DOI 10.1088/1755-1315/1101/9/092026.



6. CHEN Chang-liu 2018 China BIM application innovation under the lead mode of construction unit. J. Architectural Design Management. pp. 67-72.

7. Шевченко, А. А. Методология создания BIM моделей и творческая составляющая в процессе BIM проектирования / А. А. Шевченко, А. А. Мелитонян // Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры : сборник статей Международной научно-практической конференции, Краснодар, 27–28 ноября 2017 года / ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 168-172. – EDN ZVWTEX.

8. Гинзбург, А. В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта / А. В. Гинзбург // Информационные ресурсы России. – 2016. – № 5(153). – С. 28-31. – EDN WTQPPH.

### **УДК 697.3**

*Рябчевский И.С., Чесноков И.А.*

*Научный руководитель: Погорелова И.А., канд. техн. наук., доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) – важнейшая сфера экономики России, обеспечивающая комплекс необходимых услуг для населения. Годовой объем оборота в сфере ЖКХ превышает 4,2 трлн. руб. (более 5 % ВВП России) [1].

На сегодняшний день средняя амортизация основных фондов жилья на долю национальных коммунальных предприятий приходится более 68 %. По данным Министерства регионального развития Российской Федерации, износ котельных достиг 59 %, коммунального водоснабжения – 67 %, канализации и отопления – 62 %, электричества – 58 %, насосных станций – 63 %, канализационных насосных станций – 56 %, сточных вод – 52 %, очистных сооружений – 52 %. 37 %

основных объектов ЖКХ нуждаются в частичном ремонте или полной замене. В ряде регионов и городов норма износа объектов общей инфраструктуры достигает 70 % и будет увеличиваться на 2-3% в год, а вероятность возникновения экологических катастроф угрожает важным социальным объектам, особенно жизни людей [2].

В настоящее время в России имеется 4,1 млрд. м<sup>2</sup> жилья, из которых около 90 % находятся в частной собственности (табл. 1), при этом норма амортизации жилого фонда составляет 70 % [2].

Таблица – Состояние жилищного фонда в РФ, млн м<sup>2</sup>

Жилищный фонд в РФ	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023 (прогноз)
Частный жилищный фонд	3554	3685	3797	3867	3899
Жилищный фонд в собственности граждан	3422	3561	3678	3735	3797
Государственный жилищный фонд	110	106	102	99	98
Муниципальный жилищный фонд	173	169	163	160	161

Общая площадь квартир в аварийных и ветхих зданиях составляет 90,1 млн. м<sup>2</sup> (рис. 1).

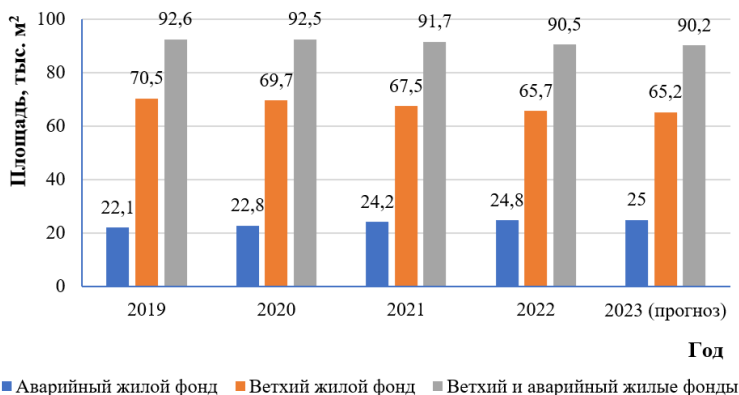


Рис. 1 Динамика изменения ветхого и аварийного жилого фонда и ввода действия общей площади жилых домов на территории РФ с 2019 по 2023 гг. (единицы указаны в тыс. м<sup>2</sup>)

С течением времени такие факторы, как изношенность и низкая энергоэффективность жилищного фонда и коммунальных сетей снижают технический уровень и производительность жилищных ресурсов. Для эффективного управления жилищными активами

необходимо своевременно принять репродуктивные меры для снижения их износа. Из-за ухудшения жилищных ресурсов и роста городского населения, можно увидеть, что условия жизни в расчете на человека во многих городах фактически не улучшились. Эти условия включают прекращение необоснованного сноса подходящего жилья, капитальные вложения в строительство нового и реконструкцию существующего жилья. Одним из препятствий для нормальной работы здания является задержка в таких мероприятиях как реконструкция и капитальный ремонт [4].

Оценка технического состояния многоквартирного дома (МКД) является наиболее важной мерой при его эксплуатации. Техническое состояние характеризуется его физическим и моральным износом. Физический износ элементов, инженерных систем, коммуникаций и зданий в целом следует определять в соответствии с правилами [5]. Во время оценки физический износ выражается соотношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения конструкции, элемента, системы или здания в целом, и их восстановительной стоимости. [6].

Для разработки планов капитальных ремонтов может быть внедрен метод компьютерного моделирования ситуации различных неэксплуатационных факторов, таких как градостроительное регулирование, приборные исследования, проектирование, строительство и перспективное использование жилья при капитальном ремонте многоквартирного дома с целью своевременного и точного выполнения всех задач согласно утвержденному графику выполнения работ.

В настоящее время работы по капитальному ремонту в России финансируются из федерального бюджета через государственные компании и фонды поддержки реформирования ЖКХ, а обязательное финансирование обеспечивается региональными бюджетами и владельцами недвижимости [7].

Стоимость капитального ремонта в МКД обычно составляет процент от стоимости замены конструкций зданий, их частей и инженерных систем. Окончательная стоимость зависит от точности проектных и изыскательских работ, то есть от состояния каждого элемента, общего физического износа, а также материалов и оборудования, используемых в работах по техническому обслуживанию. Иногда после завершения проектной сметы стоимость варьируется от 3 до 8 % от общей расчетной стоимости во время строительства и монтажа.

Российские субъекты осуществляют надзор за выполнением положений Федерального закона о финансировании [8].

– с 2017 по 2018 год – проверены российские компании и 295 городов, проверено 1356 квартир;

– 2019 год было проведено 79 проверок 61 российских компаний, 131 городов и 1267 квартир.

– В 2020 году проверены российские компании, 146 городов и 1134 жилых дома;

– 2021 – Обследованы 5 российские компании, 9 городов и 57 многоквартирных дома.

– 2022 – было проведено 95 проверок 65 российских компаний, 130 городов и 1325 квартир.

В заключение важно отметить, что муниципалитетам необходимо уделять особое внимание качеству жилищно-коммунальных услуг для обеспечения высокого уровня качества жизни граждан. При этом определяющими факторами уровня качества жизни должны стать широкий спектр жилищно-коммунальных услуг и обеспечение высокого роста надежности инженерных сооружений: водоснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, водоотведения и коммунальной энергетики. В стратегический план развития городских территорий должны быть включены показатели удовлетворенности городского населения качеством жилищно-коммунальных услуг населения для обеспечения комфортных и благоприятных условий жизнедеятельности граждан. Органы городского хозяйства должны планомерно проводить обратную связь с потребителями жилищно-коммунальных услуг города и обеспечить управляющим компаниям многоквартирных жилых домов проведение мониторинга качества предоставляемых предприятиями коммунальных услуг, а также непрерывность их подачи до собственников квартир и нежилых помещений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. № 4. С. 61-67.

2. Эффективность экономики России: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#) (Дата обращения 01.10.2022)

3. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

4. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32-36.

5. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. – М.: Прейскурантиздат, 1988

6. Курбатов, В. Л. Контроль и надзор в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве / В. Л. Курбатов, В. И. Римшин, Е. Ю. Шумилова. – Минеральные Вод: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. – 200 с.

7. Куцев, Л. А. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве / Л. А. Куцев, Г. Л. Дронова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 2. – С. 24-25. – EDN OMSRVR.

8. Федеральный закон "О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства" от 21.07.2007 N 185-ФЗ (последняя редакция). Собрание законодательства Российской Федерации, N 30, 23.07.2007, ст.3799.

#### *УДК 536.24*

*Саввин Н.Ю., Челябинов Д.В., Скороходова М.Р.*

*Научный руководитель: Булгаков С.Б., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

В настоящее время одной из главных задач современности является сокращение расхода тепловой энергии и энергоресурсов. Решение этой комплексной задачи включает в себя множество аспектов, в том числе:

- экономия потребления энергоресурсов;
- развитие энергосберегающих технологий,
- использования вторичных энергетических ресурсов и т.д.

Одним из наиболее значительных потребителей тепловой энергии в Российской Федерации является отопление и горячее водоснабжение жилых и промышленных зданий (ЖКХ).

Одним из путей решения снижения энергозатрат и экономии теплоносителя является перевод механических этапов подготовки теплоносителя в автоматический режим работы с помощью специализированного оборудования. К таким устройствам можно отнести автоматические регуляторы РТГ с клапанами типа «бабочка», электронным блоком и электроприводом отечественного производства (ООО ПКФ "Экс-Форма"(г. Саратов). ссылка

Внешний вид автоматического регулятора РТГ с клапаном типа «бабочка» представлен на рисунке 1.

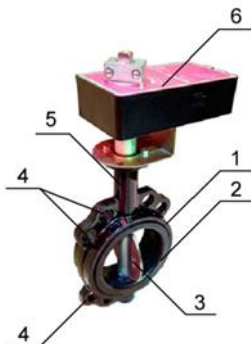


Рис. 1 Внешний вид автоматического регулятора РТГ с клапаном типа «бабочка»: 1 – корпус; 2 – резиновое уплотнение; 3 – поворотный диск; 4 – крепежные проушины; 5 – стойка; 6 – блок управления с электроприводом.

Особенностью использования данного вида автоматических регуляторов является возможность осуществления контроля и защиты теплообменника от закипания по разнице температур на подающем и обратном трубопроводах. Кроме того, автоматический регулятор не нуждается в обслуживании и привод поворотного механизма оснащается двойной защитой от электрических и механических перегрузок.

Оригинальным подходом в регулировании расхода теплоносителя в греющем и нагреваемом контурах стало внедрение векторного управления. Оно позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода автоматического регулятора РТГ с клапаном типа «бабочка».

Схема подключения автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) представлена на рисунке 2.

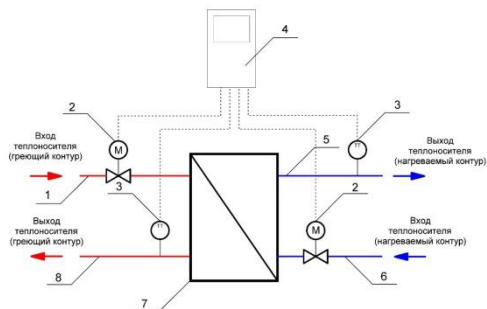


Рис. 2 Схема подключения электронного блока управления РТГ: 1 – подающий трубопровод (греющий контур); 2 - автоматический регулятор РТГ с клапаном типа «бабочка»; 3 – датчик температуры; 4 – автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП); 5 – обратный трубопровод (нагреваемый контур); 6 – подающий трубопровод (нагреваемый контур); 7 – интенсифицированный пластинчатый теплообменный аппарат; 8 – обратный трубопровод (греющий контур).

АСУТП РТГ содержит микроконтроллер, силовые полевые транзисторы и измерительный операционный усилитель. По принципу работы блок представляет собой пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор с адаптируемым алгоритмом вычисления положения вала двигателя. Алгоритм построен с помощью процедур нечеткой логики и способен в достаточно широких пределах адаптироваться к объекту регулирования и определять оптимальную реакцию на воздействие.

Электронный блок имеет защиту, предусматривающую отключение движения привода при загрязнении клапана, выхода из строя электродвигателя, конечных выключателей или просто при коротком замыкании.

Схема электрических соединений блока автоматической системы управления представлена на рисунке 3.

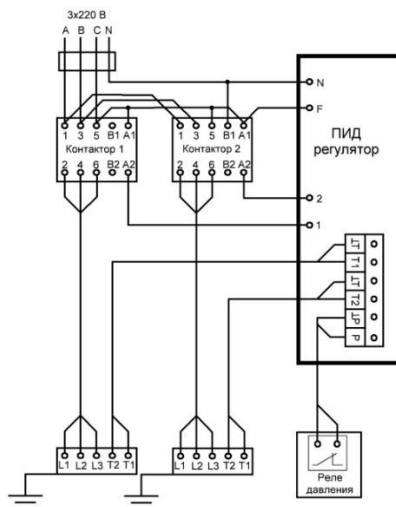


Рис. 3 Схема электрических соединений блока управления

Для дополнительной защиты используется реле давления. Оно дает возможность в отсутствии подачи теплоносителя отключить циркуляционные насосы и одновременно перекрыть регулирующий клапан независимо от показаний датчиков температуры. Это позволяет защитить насос от работы без воды, а теплообменник от перегрева.

Таким образом, внедрение автоматической системы управления позволяет исключить «человеческий фактор», благодаря чему уменьшается вероятность возникновения ошибок и повышается общий уровень безопасности технологического процесса.

Это весьма актуально в условиях мировой пандемии, связанной с распространением коронавирусной инфекции COVID-19.

Внедрение АСУ ТП позволяет сократить количество персонала на рабочем месте. Важным аспектом интеллектуальной составляющей АСУ ТП является создание алгоритмов реагирования в режиме реального времени в случае возникновения внештатных ситуаций. Вопросы автономности и увеличения скорости быстрогодействия системы очень актуальны и востребованы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – М.: Атомиздат, 1973. – 416 с.



2. Куцев, Л. А. Компьютерное моделирование движения теплоносителя в гофрированном канале пластинчатого теплообменника / Л. А. Куцев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4(60). – С. 51-58.

3. Куцев, Л.А., Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л.А. Куцев, Н.Ю. Саввин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – №. 1. – С. 38-45.

4. Саввин Н.Ю. Совершенствование конструкции и метода расчета пластинчатого теплообменного аппарата с повышенной эффективностью: дис. канд. техн. наук: 2.1.3. . - Белгород, 2022. - 177 с.

5. Семёнов, И. Е. Новые конструкции плоских солнечных коллекторов для мобильных модульных установок горячего водоснабжения / И. Е. Семёнов // Вестник МГТУ - 2010. - № 2(79). С. 71-83.

6. Семикашев, В. В. Теплоснабжение в России: текущая ситуация и проблемы инвестиционного развития / В.В. Семикашев // Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2019. – №. 9. – С. 23-47.

*УДК 626/627*

*Салихов Д.Д., Дьяконов Д.В., Явнюк В.А.*

*Научный руководитель: Овсянников Ю.Г., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОД СРАВНЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Пневматические и гидравлические системы имеют много общего. Как в пневматике, так и в гидравлике используется гидравлическая мощность. Каждая из них использует насос в качестве привода, управляется клапанами и использует жидкости для передачи механической энергии. Главное различие между двумя типами систем - это используемая среда и области применения. В пневматике используется легко сжимаемый газ, такой как воздух или другие виды подходящего чистого газа, в то время как в гидравлике используются относительно несжимаемые жидкие среды, такие как гидравлическое или минеральное масло, этиленгликоль, вода или высокотемпературные огнестойкие жидкости. Ни один из типов систем не пользуется большей популярностью, чем другой, поскольку их применение

специализировано. Нагрузка или усилие, которое необходимо приложить, выходная скорость и затраты энергии определяют тип системы, которая нужна для применения [1].

Пневматика - это отрасль машиностроения, которая использует сжатый газ или воздух для воздействия на механическое движение, основанное на принципах работы гидродинамики и давления. Область пневматики перешла от небольших портативных устройств к большим машинам, выполняющим различные функции. Пневматические системы обычно наполняются сжатым воздухом или инертными газами. Система состоит из взаимосвязанного набора компонентов, включая газовый компрессор, переходные линии, воздушные резервуары, шланги, стандартные баллоны и газ (атмосферу). Сжатый воздух подается компрессором и передается через ряд шлангов. Поток воздуха регулируется ручными или автоматическими электромагнитными клапанами, а пневматический цилиндр преобразует энергию сжатого газа в механическую энергию. Расположенный в центре компрессор с электрическим приводом приводит в действие цилиндры, пневмомоторы и другие пневматические устройства. Пневматические системы управляются простым переключателем или клапаном включения/выключения [2]. В большинстве промышленных пневматических системах используется давление примерно от 550 до 690 кПа. Сжатый воздух хранится в резервуарах ресивера перед его передачей для использования. Способность компрессоров сжимать газ ограничена степенью сжатия [3]. Области применения пневматических систем включают:

- Воздушные компрессоры;
- Вакуумные насосы;
- Двигатели со сжатым воздухом и транспортные средства;
- Системы управления ОВКВ;
- Конвейерные системы в фармацевтической и пищевой промышленности;
- Датчик давления, переключатель и насос;
- Прецизионные сверла, используемые стоматологами;
- Пневматические тормоза, используемые в автобусах, грузовиках и поездах;
- Трамбовки, используемые для уплотнения грязи и гравия;
- Гвоздезабивные пистолеты;
- Приводные кассовые трубки банка высокого давления;
- Производство и сборочные линии;
- Пневматический двигатель, шины и инструменты.

На рисунке (рис. 1) представлена схема пневматической системы управления.

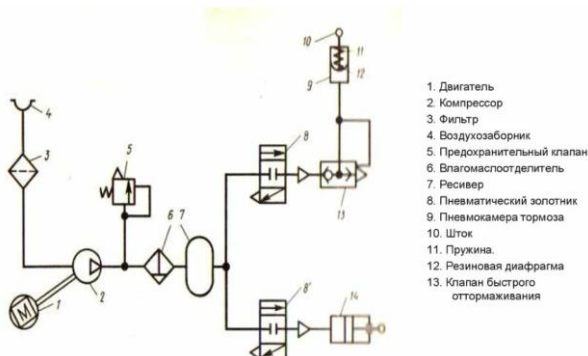


Рис. 1 Принципиальная схема пневматической системы управления

#### Особенности пневматических систем.

Пневматические системы лучше всего подходят для применений, не требующих риска загрязнения, поскольку они обеспечивают чистую среду для таких отраслей промышленности, как биотехнология, стоматология, фармацевтика. Поскольку в системе используется чистый, сухой сжатый воздух, она может быстро транспортировать предметы. Прямая и простая конструкция предотвращает засорение и сокращает время обслуживания. Пневматические системы просты в установке и портативны. Они надежны и имеют первоначальную низкую стоимость настройки, поскольку работают при сравнительно низком давлении и включают в себя относительно недорогие компоненты, что снижает эксплуатационные расходы [4].

Для хранения сжатого воздуха не требуется резервуар, поскольку он забирается из окружающей атмосферы и фильтруется (опция). Вся система спроектирована с использованием стандартных цилиндров и других компонентов. Воздух или газ, используемые в пневматической системе, обычно высушены и не содержат влаги, что не создает опасности коррозии внутренних компонентов, тем самым позволяет использовать простые сплавы (без использования легирующих компонентов, таких как хром или цинк). Газ внутри системы очень подвижен и может проходить по трубам легко и быстро с минимальным сопротивлением [5].

Пневматика дешевле гидравлических систем, потому что газ (воздух) недорогой, его легко получить и хранить. Пневматические системы, как правило, имеют длительный срок службы и не требуют особого обслуживания, поскольку газ является сжимаемым, а

оборудование в меньшей степени подвержено ударным повреждениям. В отличие от гидравлических систем, в которых используются жидкости, передающие усилие, газ поглощает чрезмерное усилие.

Пневматические системы обладают недостатком в виде опасности взрыва пневмоцилиндра.

Важно определить величину усилия, необходимого для применения, потому что пневматические системы создают не такое большое усилие, как гидравлические. Пневматические системы не обеспечивают такого же потенциального усилия, как гидравлические системы, поэтому их не следует использовать для манипулирования массивных грузов. Также существенной проблемой пневматических систем является создаваемый шум.

Гидравлика используется для выработки, управления и передачи мощности с использованием жидкостей под давлением. Это технология и прикладная наука, связанная с механическими свойствами и использованием жидкостей. По давлению различают гидроприводы низкого (до 1,6 МПа), среднего (1,6 - 6,3 МПа) и высокого (6,3 - 20 МПа) давлений. Слово гидравлика происходит от греческих слов *hydor* – вода и *aulos* – труба. Для гидравлической системы требуется следующее оборудование: гидравлическая жидкость, цилиндр, поршень, насосы и клапаны, которые контролируют направление потока, которое всегда в одном направлении [6].

Гидравлические системы, в отличие от пневматических систем, часто массивные и со сложной конструкцией. Системе необходимо больше места, потому что требуется резервуар для хранения жидкости, которая протекает через систему. Благодаря малосжимаемости жидкости гидравлические системы обладают большей грузоподъемностью, так как развивают более высокое давление в сравнении с пневматическими. Масляные гидравлические системы работают медленнее, это связано с большей вязкостью масла и затрат большего количества энергии на перемещение масла по системе. Также особенностью гидравлической системы является выполнение трех задач одновременно, включая смазку, охлаждение и передачу мощности [7].

Риск утечки гидравлического масла из-за неисправных клапанов, уплотнений или шлангов значительно сужает область применения гидравлических систем [8]. Гидравлические системы используются в:

- Лифты;
- Плотины;
- Станки: гидравлические прессы, бункеры, цилиндры и тараны;
- Парки развлечений;
- Турбины;

- Самосвальный подъемник;
- Подъемник для инвалидов колясок;
- Экскаваторные рычаги для экскаваторов;
- Гидравлические прессы дляковки металлических деталей;
- Закрылки на самолетах;
- Гидравлическая тормозная система в автомобилях;
- Различные подъёмно-манипуляторные системы.

На рисунке (рис. 2) представлена схема гидравлического прессы с электрическим приводом насоса.

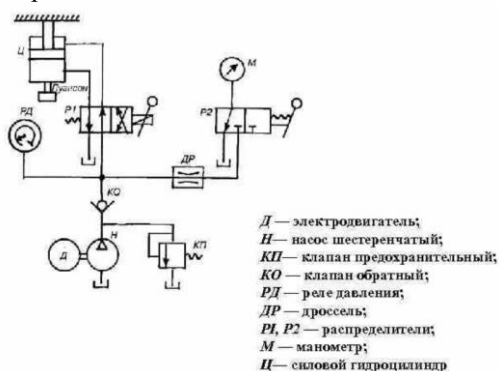


Рис. 2 Принципиальная гидравлическая схема прессы с электроприводом насоса

Конечный выбор в пользу конкретного типа установки зависит от конкретных требований предприятия и условий эксплуатации оборудования. Гидравлика, как правило, обладает более высокой мощностью и может передавать большие силы и моменты. Ее часто используют в тяжелых отраслях: металлургии, нефтехимии, строительной отрасли. Кроме того, она обеспечивает более плавное управление, чем пневматика, что может быть важным при работе с чувствительными материалами или механизмами. С другой стороны, устройства, работающие на сжатом воздухе, обычно менее мощные, но они обладают более высокой скоростью движения и могут быть проще и дешевле в эксплуатации. Они также не требуют заправки рабочей жидкостью, что упрощает их обслуживание. Пневматику часто применяют в производстве легкой и пищевой промышленности, где требуется быстрая обработка материалов. Таким образом, выбор между гидравлическим и пневматическим приводом должен основываться на конкретных требованиях производства, включая мощность, скорость, точность управления, прочность и экономическую эффективность.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Željko Š., Juraj B., Klara P., Marko M. Design and control of mechatronic systems with pneumatic and hydraulic drive // Conference: International conference Fluid Power 2021.
2. Mikhaylo C., Oleksandr G., Aleksandr F., Nadezhda F. Model of the Pneumatic Positional Unit with a Discrete Method for Control Dynamic Characteristics // In book: Advances in Design, Simulation and Manufacturing V (pp.81-90). 2022.
3. Shiwei Z., Daochun L., Jin Z., Enlai S. Numerical and Experimental Study of a Flexible Trailing Edge Driving by Pneumatic Muscle Actuators // License CC BY 4.0 June 2021 / Actuators 10(7):142.
4. Toshiharu K., Comparison of power density of transmission elements in hydraulic, pneumatic, and electric drive systems // October 2019 Mechanical Engineering Letters 5:19-00139-19-00139.
5. Валерий П., Вадим Н., Виктор П., Владимир З. Результаты компьютерного моделирования функционирования пневматической подсистемы восстанавливаемого гидравлического привода лесовоза с полуприцепом // Апрель 2020 Журнал лесной инженерии 10(1):233-243.
6. Овсянников Ю.Г., Киреев В.М. Аэрогидродинамика инженерных систем // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. 105 С.
7. Светлана К. Адаптивное влияние изменения давления в гидравлической системе гидропривода // Машиностроение энергетика транспорт АПК. 2022.
8. Tamás F. Load Testing of Alternating Current Hydraulic Drive // In book: Vehicle and Automotive Engineering 4 (pp.261-267).

*УДК 624.05*

*Седова Е.И.*

*Научный руководитель: Дьячкова О.Н., канд. техн. наук, доц.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

## **ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

В сравнении с другими видами электростанций атомные электростанции (АЭС) характеризуются низкими расходами на

выработку электричества и высокими затратами на создание новых мощностей. Продолжительность строительства, основное время в котором занимают строительно-монтажные работы (СМР), является одним из наиболее важных показателей для проекта строительства АЭС [1]. Конкурентоспособность атомных электростанций требует повышать строительно-монтажную технологичность возведения отдельных конструкций в увязке с подбором рационального комплекта строительных машин и механизмов [2]. Этот показатель, который в процессе реализации проекта трансформируется в трудозатраты и продолжительность строительства, часто является решающим для определения экономической эффективности принятых решений.

При строительстве АЭС наиболее конструктивно сложным, материалоемким и трудоемким объектом является защитная оболочка и конструкции внутри нее. Защитная оболочка – это уникальная строительная конструкция, которая обеспечивает безопасность работы станции в случае природных катаклизмов и техногенных аварий. Все современные российские ядерные реакторы типа ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор), *PWR*, наиболее широко распространенный в мире вид атомного реактора, имеют двойную защитную оболочку. Внешняя защитная оболочка рассчитана на противостояние внешним экстремальным воздействиям, внутренняя – не только обеспечивает герметичность помещения, в котором расположена ядерная установка, но и служит опорой для оборудования. Гермооболочка имеет форму цилиндра с внутренним диаметром 45 м, перекрытого куполообразным верхом. Отметка верха купола – 66,5 м, общий объем гермооболочки – 67 тыс. куб. м. В защитной оболочке размещаются системы, оборудование и трубопроводы реакторной установки, в том числе массивные элементы конструкции: ядерный реактор, парогенераторы, главный циркуляционный насос (ГЦН) и его трубопроводы, компенсатор давления, гидроемкости системы аварийного охлаждения зоны реактора (САОЗ), трубопроводы связи, а также вспомогательные системы энергоблока и полярный кран, обеспечивающий обслуживание этого оборудования [3].

Высокие материалоемкость и стоимость АЭС в значительной степени определяются архитектурно-строительными и функционально-технологическими решениями, которые обеспечивают радиационную и ядерную безопасность. По оценкам экспертов, сегодня затраты по обеспечению безопасности составляют до 50% стоимости современных АЭС, в то время как конце 1970-х гг. аналогичные затраты не превышали 20–30% [4]. Повышенные требования увеличивают количество и вес конструктивных элементов и оборудования

гермооболочки (табл. 1) [5], что приводит к повышению сложности и требований к точности монтажа, увеличения сроки строительства.

Таблица 1 – Характеристики тяжеловесного и крупногабаритного оборудования реакторной установки АЭС

Наименование	Кол, шт.	Масса ед., т	Габариты (АхВхН), мм
Оборудование:			
Корпус реактора	1	330,0	∅ 5500
Парогенератор	4	330,0	14000x5000x9000
Компенсатор давления	1	192,65	∅ 3000x15950
Гидроемкость САОЗ	4	79,1	∅ 3800x11180
Корпус конденсатора 1,4	2	484,0	16440x8400x20155
Корпус конденсатора 2,3	2	471,0	15640x8400x20155
Кран полярный г.п. 340/32+5 т, включая	1	330,0	
- балки	2	100,0	43540x2300x3200
- тележка	1	85	10750x2770x2850
Монтажные блоки:			
Монтажный блок первого яруса купола ВЗО	1	330	∅ 38000x12100
Монтажный блок второго яруса купола ВЗО	1	240	∅ 36500x11000

Увеличение сроков выполнения проекта приводит к его удорожанию из-за роста затрат на содержание промышленных и трудовых ресурсов, удорожания материальных ресурсов, вызванного инфляцией, дополнительным затратам по кредитным обязательствам. Поэтому для сокращения продолжительности строительства необходимо задействовать технологии, сокращающие сроки СМР [6].

К таким технологиям относится метод совмещенного монтажа (*Open-Top*). В этом случае крупногабаритное оборудование монтируют на здании реактора через открытый купол, что в значительной мере сокращает сроки строительства (рис. 1).



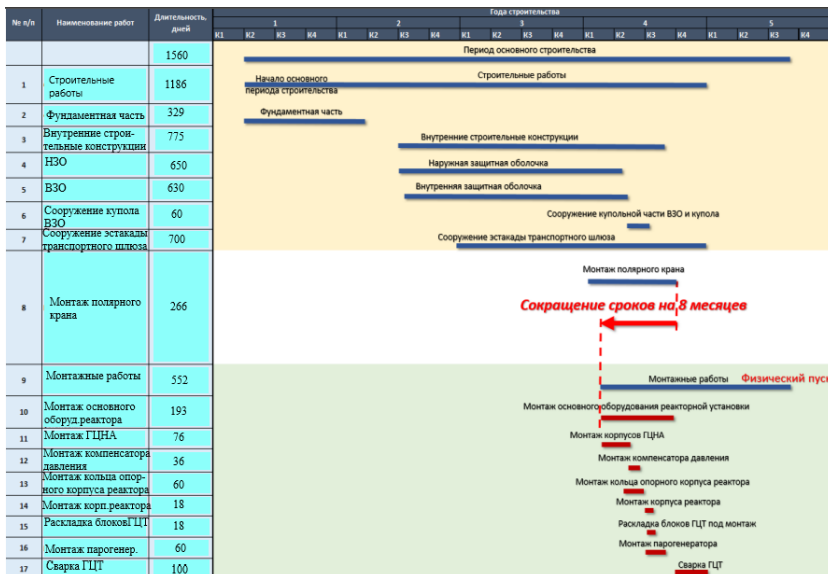


Рис. 1 Сокращение сроков сооружения здания реактора при применении технологии *Open-Top* [7]

При установке корпуса реактора в проектное положение с использованием технологии *Open-Top* монтаж производится не через транспортный шлюз реакторного отделения, а вертикально, через открытый верх купола гермооболочки. Таким же способом монтируется компенсатор давления и ГЦН. При установке парогенераторов с помощью тяжелого гусеничного крана корпус каждого парогенератора поднимается на транспортную эстакаду, затем провозится по рельсам через транспортный шлюз внутрь гермозоны, после чего устанавливается полярным краном на штатное место.

В процессе монтажа корпус реактора проходит между балками полярного крана (расстоянии от патрубков корпуса реактора до балок полярного крана – 750 мм, установленный допуск по совмещению осей корпуса реактора и опорного кольца – 1 мм) [8].

Реализация технологии совмещенного монтажа осуществляется основными строительными-монтажными кранами, с помощью которых возводят купол гермооболочки. Краны также нужны для установки в проектное положение основного тяжеловесного оборудования, поэтому требования к их грузоподъемности повышаются. В настоящее время при строительстве АЭС в большинстве случаев предпочтение отдается мобильным гусеничным кранам с грузоподъемностью на вылете стрелы

50–55 м не менее 200–250 т, обеспечивающих высоту подъема 60–65 м. В случае использования технологии *Open-Top* грузоподъемность крана должна достигать 400 т и более [9].

Сейчас при строительстве АЭС чаще всего применяют краны фирм – *Mammoet, LIEBHERR, Lampson, DEMAG* (табл. 2).

Таблица 2 – Основные параметры грузоподъемных машин, задействованных при строительстве АЭС

Наименование крана	Максимальная грузоподъемность, т	Вылет стрелы, м
<i>LIEBHERR 11350</i> (Германия)	290	54
<i>DEMAG CC 4000</i> (Германия)	230	55
<i>LIEBHERR 13000</i> (Германия)	400	55
<i>Mammoet MSG 80</i> (США)	850	58
<i>DEMAG CC 12600</i> (Германия)	308	64
<i>Lampson LTL 2600</i> (США)	822	64

Таким образом, отрасль является зависимой от иностранных поставщиков строительно-монтажных машин [10].

Технология *Open-Top* позволяет существенно сократить продолжительность СМР потому что: упрощает монтаж тяжеловесного оборудования; дает возможность приступить к монтажу оборудования реакторной установки на более раннем сроке, на этапе совмещенных СМР; позволяет сократить количество операция по доставке и монтажу корпуса реактора с 8 до 3; обеспечивает более ранний срок начала сварки ГЦН и выхода на начало пуско-наладочных работ; позволяет максимально совместить строительные и монтажные работы после монтажа тяжеловесного оборудования.

Однако для обеспечения возможности монтажа оборудования методом *Open-Top* необходимо выполнение ряда условий: дополнительное привлечение большегрузного гусеничного крана на подъем оборудования методом *Open-Top*, разработка проекта и строительство подъездного пути и площадки под этот кран; обеспечение своевременной поставки оборудования первого контура; обеспечение полной строительной готовности шахты реактора с облицовкой до отметки +26,300; обеспечение полной строительной готовности опор парогенераторов; обеспечение полной строительной готовности помещений для монтажа улиток ГЦНА на отметке +14,500; обеспечение подачи напряжения и временной схемы водоснабжения для сварки ГЦТ.

При использовании данной технологии основными рисками являются: задержка сроков выдачи проектной и рабочей документации, ППР, заказных спецификаций; отсутствие квалифицированных кадров для производства СМР; задержка сроков поставки оборудования; разбиение объемов поставок и СМР на лоты, противоречащее выбранной технологии СМР и нарушение жесткой диспетчеризации работы тяжелых грузоподъемных кранов [11].

Впервые в мировой практике строительства АЭС монтаж реакторной установки по технологии *Open-Top* был осуществлен на Балаковской АЭС в 1980 г. Технология совмещенного монтажа была использована при строительстве АЭС *Sunmen* с реактором типа AP1000 в КНР по проекту компании *Westinghouse*, АЭС *Lungmen* (Тайвань) с улучшенными кипящими водяными реакторами типа *ABWR* по проекту *Hitachi*, АЭС *Tarapur* (Индия) с тяжеловодными реакторами *PHWR* [12].

Технология *Open-Top* была впервые применена при монтаже крупноблочного оборудования реактора ВВЭР-1200 на ЛАЭС-2 в 2014 г., а затем успешно применялась концерном Росатом при строительстве ряда атомных электростанций, например, на АЭС «Куданкулам» (Индия) в 2021 г., АЭС «Аккую» (Турция) в 2022 г., на Курской АЭС-2 в 2022 г.

Таким образом, применение эффективной технологии монтажа крупногабаритного оборудования энергоблока АЭС требует своевременной модернизации отечественного производства строительного-монтажных машин в сегменте тяжелых. Жизненный цикл (от замысла до ликвидации, включающей возможность рециклинга материалов) АЭС требует сопровождения в ТИМ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ингард Шульга Конкурентоособенность // Атомный эксперт. – 2020. – № 6(83) – С. 12–35.
2. Юдина А.Ф., Дьячкова О.Н. Критерии выбора оптимального комплекта строительного-монтажных машин для возведения объекта в зависимости от заданных сроков строительства // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – № 1 (14). – С. 52 – 55.
3. Рапина К. А. Конструкции защитных железобетонных оболочек ядерных установок // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2298605/konstrukcii-zashhitnyh-zhelezobetonnyh-obolochek-yadernyh>.
4. Пергаменщик Б.К. Проблемы и перспективы строительства АЭС // Вестник МГСУ. – 2014. – № 2. – С. 140 – 153.

5. Колесниченко В. С. Сокращение сроков строительства энергоблока № 2 Ленинградской АЭС-2 с помощью использования технологии «*Open-Top*» // Технология и организация строительного производства: всероссийская молодежная научно-практическая конференция, СПб, 2021. С. 111 – 116.

6. Дьячкова О.Н., Тилинин Ю.И., Ратушин В.А. Рациональное применение домостроительных технологий // Жилищное строительство. 2020. – № 1–2. – С. 11 – 15.

7. Патент № RU 2696397, МПК В66С 23/00(2006.01), G21С 21/00(2006.01). Способ монтажа основного крупногабаритного оборудования реакторной установки методом "*Open-Top*" N : 2018139621 : заявл. 2018.11.09 : опубликовано 2019.08.01, Поповченко Д. А.

8. «Три с плюсом против одного»: уникальные проектные решения и методы строительства ЛАЭС-2 // Строительство в атомной отрасли – 2019 – № 10 – С. 8 – 15.

9. Доможилов Ю.Н., Кокосадзе Э.Л. Организация и технология строительства атомных станций // 2012 – С. 121 – 124.

10. Воронков И.Е., Овинкин Н.В. Мировой опыт и перспективы разработки схем механизации строительства атомных электростанций // Вестник МГСУ – том 15 – выпуск 11 – 2020 – С. 1589 – 1591.

11. Мирющенко Е. Ф. Технология *Open-Top*. Сокращение сроков сооружения АЭС // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://atomsro.ru/wp-content/uploads/file/0PORTAL/AtomStroyStandart\\_2015/Mirushenko\\_\\_AtStSt\\_2015.pdf](https://atomsro.ru/wp-content/uploads/file/0PORTAL/AtomStroyStandart_2015/Mirushenko__AtStSt_2015.pdf).

12. АЭС «Белене» Основные подходы к организации строительства // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://accni.ru/assets/site\\_docs/prezentacziya-kompanii.pdf](http://accni.ru/assets/site_docs/prezentacziya-kompanii.pdf).

#### **УДК 624.014**

***Сенкевич А.Д., Рябоконт И.Р.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ**

Усовершенствование характеристик используемых строительных конструкций является актуальной задачей современной науки. Авторами данной статьи рассматривается вариант усовершенствования

традиционной балки с поясами и стенкой из листа. Улучшенным вариантом выступает балка с поясами из ГНЗ и стенкой гофрированной формы.

Целью данной статьи является обоснование программы и разработка параметров конструктивного решения опытных образцов.

Для выявления факторов напряженно-деформированного состояния балок составлена программа экспериментальных исследований. По результатам экспериментального исследования данной программы планируется получить следующие данные образцов:

- момент сопротивления эквивалентный
- момент инерции эквивалентный
- эквивалентный момент кручения
- предельное значение сосредоточенной нагрузки по критерию локальных напряжений
- эквивалентное значение коэффициента боковой устойчивости
- значение сдвиговых деформаций

Для подбора сечения образцов в качестве расчетной схемы (рисунок 1) принимаем шарнирно опертую балку длиной  $L$  равной 4 метра. К данной балке прикладываем сосредоточенные силы  $P$  на расстоянии в третью часть пролета с каждой стороны.

Данная схема позволяет получить зону чистого изгиба в средней части пролета и участки в первых третях пролета с совместным действием поперечной силы  $Q$  и изгибающего момента  $M$ .

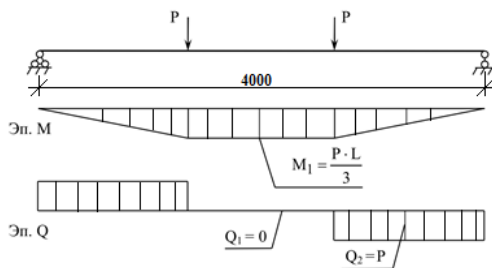


Рис. 1 Расчетная схема испытания образцов

Расстояние между центрами тяжести поясов образцов принимаем в соотношении  $1/10$  длины пролета, т.е. 400 мм.

В статье [2] выполнено сравнение балок с различной формой гофрированной стенки. Треугольная форма гофра обладает хорошими рабочими характеристиками и доступна в изготовлении. Поэтому для исследуемых образцов принимаем треугольную форму гофрирования стенки (рис. 2).

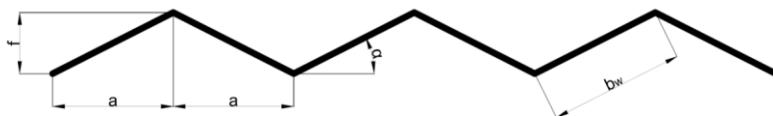


Рис. 2 Геометрические характеристики гофра

В качестве образцов приняты следующие балки (рис.3):

№1 с плоской стенкой толщиной 2 мм и поясами из плоских листов толщиной 8 мм шириной 12мм.

№2 с поясами из ГНЗ 100х60х4 и стенкой из плоского листа толщиной 2 мм.

№3 с плоскими поясами толщиной 8 мм шириной 12мм и гофрированной стенкой толщиной 2 мм шаг гофра 110 мм, высота гофра 50мм.

№4 с поясами из ГНЗ и гофрированной стенкой треугольной формы шаг гофра 110 мм, высота гофра  $f$  50мм.

№5 с поясами из ГНЗ и гофрированной стенкой треугольной формы шаг гофра 80 мм, высота гофра  $f$  40мм. Расстояние между центрами тяжести поясов 340мм.

Массы образцов представлены в таблице 1.

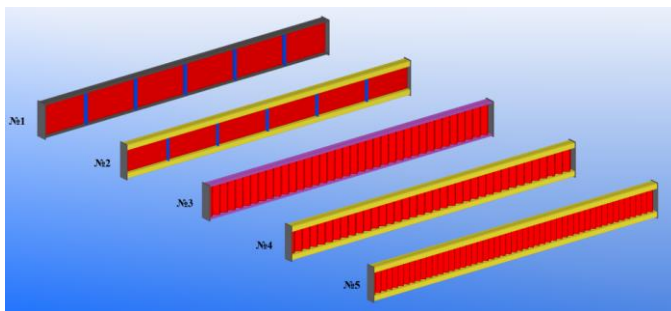


Рис. 3 Аксонометрический вид образцов № 1-5

Расчетная нагрузка определена путем нахождения максимальных нормальных и касательных напряжений, которые может воспринять образец №2. Данная нагрузка составила 8 тонн в каждой точке приложения согласно расчётной схеме.

Проанализируем параметры образцов по каждому критерию напряженно-деформированного состояния.

Прочность образцов, обуславливается нормальными напряжениями в поясах от действия изгибающего момента. Мы полагаем, что самыми эффективными образцами по данному критерию

окажутся балки № 1 и № 3. Расстояние между центрами тяжести поясов у них максимальное, что позволяет эффективно воспринимать пару сил от изгибающего момента. Также гофрированная стенка в меньшей степени способна к восприятию нормальных напряжений в отличие от плоского листа.

Также критерием прочности являются касательные напряжения в сечении балки. В классической балке высота пояса невелика, и касательные напряжения воспринимаются в основном стенкой. В нашем случае в образцах № 2,4,5 боковая плоскость ГНЗ достаточно развита и включается в расчет, что обеспечивает более эффективную работу балки на срез чем в классическом варианте.

Величина прогибов является ключевым фактором деформативности конструкций. В эксперименте [6] приводятся данные деформативности балок с гофрированной стенкой, значения прогибов в таких балках больше на 10-20%. Можно ожидать, что эквивалентные значения прогибов образцов № 3,4,5 будут выше, чем у образца №1.

Жесткость на кручение в данном эксперименте характеризуется значением угла поворота жестко закрепленной консоли от крутящего момента. Традиционный двутавр с плоскими поясами и плоской стенкой обладает низкой жесткостью на кручение. При этом применение гофрированной стенки или увеличение её толщины незначительно увеличивает крутильную жёсткость [5]. При этом выполнение поясов из ГНЗ может значительно увеличить жесткость балки на кручение, ввиду эффективной работы профиля в виде трубы.

В работе [3] рассматривается влияние локальной нагрузки на работу балок с гофрированной стенкой. Определено, что локальные напряжения могут вызвать потерю местной устойчивости панели гофра. В предлагаемой нами балке усовершенствованной конструкции коробчатое сечение имеет развитую высоту, вследствие чего распределяет усилие на большую площадь стенки. Вследствие чего ожидаем, что локальные напряжения в стенке от сосредоточенной нагрузки образцов № 2,4,5 окажутся ниже, чем у образцов с плоским поясом. Данные физического эксперимента, будут сопоставлены с данными численного исследования методом конечных элементов. Исследование [4] показывает высокую эффективность МКЭ при исследовании локальных напряжений в гофрированных балках.

В исследованиях [2,5] выявлено, что применение гофрированной стенки значительно влияет на параметры общей устойчивости балок. В зависимости от толщины гофрированной стенки может произойти как местная потеря устойчивости панели гофра, так и общая потеря устойчивости балки. На основании этого можно сделать вывод о том,

что образцы № 3,4,5 будут обладать лучшими показателями общей устойчивости. В физическом эксперименте будет проблематично вызвать данное предельное состояние у всех образцов. Поэтому сопоставление предельных нагрузок вызывающих потерю общей устойчивости планируется произвести на основании данных численной модели.

В публикации [7] исследуется деформативность стенки при сдвиге. Сделан вывод о том, что в балке классического исполнения сдвиговые деформации могут составлять до 11% от суммарных поперечных перемещений. Традиционная балка обладает высокой жесткостью на сдвиг, плоская стенка эффективно препятствует сдвигу поясов друг относительно друга. В исследовании [1] определено, что сдвиговые деформации обуславливают 3-50% поперечных перемещений в зависимости от параметров балки с гофрированной стенкой. Эти результаты можно объяснить тем, что гофрированная стенка ввиду своей формы склонна к складыванию в плоскости стенки, так называемый эффект «аккордеона» [6]. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что наибольшей жесткостью на сдвиг будет обладать образец № 1, наименьшей образец № 3, образцы № 2, 4, 5 покажут средние значения сдвиговой жесткости.

Основные характеристики образцов приведены в таблице 1. Для удобства сравнения каждому образцу задана одинаковая нагрузка в 7 тонн. Нормальные напряжения  $\sigma$  и касательные напряжения  $\tau$  приведены к 1, т.е. сравниваются с коэффициентом запаса  $\gamma_s$ .

Таблица 1 – Характеристики образцов

№	масса, кг.	нагрузка Р, тн.	нормальные напряжения $\sigma$	касательные напряжения $\tau$	прогиб, мм
1	100.1	7	0.91	0.65	8.7
2	108.5	7	0.86	0.45	7.4
3	100.9	7	1	0.7	10
4	111.8	7	0.92	0.57	7.9
5	106.4	7	1.1	0.67	11

Таблица 1 в целом отражает прочностные и деформативные характеристики принятых образцов. Полученные данные требуют уточнения и будут служить основанием для дальнейших численных и физических экспериментов. Также таблица содержит не все факторы напряженно-деформированного состояния, которые анализировались в статье, их определение также требует дополнительных исследований.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукин А. О. Определение прогибов балок с гофрированной стенкой с учетом сдвиговых деформаций //Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 24. – №. 1 (24). – С. 14.
2. Саиян С. Г., Паушкин А. Г. Численное параметрическое исследование напряженно-деформированного состояния двутавровых балок с различными типами гофрированных стенок //Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – №. 6. – С. 676-687.
3. Зубков В. А., Лукин А. О. Экспериментальные исследования влияния технологических и конструкционных параметров на несущую способность металлических балок с гофрированной стенкой //Вестник МГСУ. – 2013. – №. 2. – С. 37-46.
4. Надольский В. В., Вихляев А. И. Оценка несущей способности балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов при действии локальной нагрузки //Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – №. 6. – С. 693-706.
5. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой / Н.В. Солодов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2022. - № 4. - С. 75–81.
6. Трифунович И. З., Рыбакова Л. Ю. Исследование аккордеонного эффекта стальных балок с гофрированной стенкой //Инженерный вестник Дона. – 2021. – №. 1 (73). – С. 166-174.
7. Татьянченко А. Г. О влиянии сдвиговых нагрузок на поперечные деформации изгибных элементов //Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2019. – №. 52. – С. 68-74.

**УДК 658.5**

***Сибирцев Д.А.***

***Научный руководитель: Амелин П.А., асс.***

***Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОСРЕДСТВОМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Рассмотрим направления и возможности практической интерпретации актуальных бизнес-моделей применительно к условиям реализации проектов капитального строительства и отрасли в целом. Самым непосредственным образом на критерии, принципы и подходы

к разработке проектов строительства влияют современные экономические концепции круговой экономики и экономики цифрового контроля. Концепция круговой, или циркуляционной, экономики, ориентированная на возобновляемость и продление жизненного цикла (ЖЦ) продукта, ставит перед строительной наукой задачи стратегического планирования, управления полным жизненным циклом объекта строительства и поиска соответствующих критериев эффективности и моделей организации жизненного цикла проектов. Одновременно с этим в процессе цифровой трансформации экономического уклада вырабатываются подходы и инструменты, которые предлагают решение задач цифрового контроля путем создания системы алгоритмов информационных потоков и организационных взаимоотношений участников проекта и рынка недвижимости в интегрированной информационной среде[1].

Цифровизация и распространение цифровых технологий организации и управления производством происходит интенсивно во всех отраслях и странах. Изначально эти процессы шли эволюционно и дискретно, автоматизируя отдельные процессы и производственные циклы.[2].

В инвестиционно-строительном комплексе России с формированием новых условий и цифровых возможностей не только на уровне крупных корпораций, но и на отраслевом уровне, также сформировалась острая необходимость переосмысления целей информационного моделирования и выработки подходов с ориентацией на долгосрочные информационные модели объекта капитального строительства, организации и управления его жизненным циклом.[3].

Для решения задач информационного моделирования объектов строительства на сегодняшний день наиболее широко используются BIM-технологии (англ. Building Information Model или Modeling), которые распространились во всем мире с начала 2000-х годов. При этом до настоящего времени большинство пользователей внедряют BIM в основном для работы с графическими 3D моделями. Практически потенциал и возможности BIM-технологий, обеспечивающие функции обмена информацией BIM-моделей и другие преимущества для строительных организаций и государства в целом, применяются редко[4].

Действующие в настоящее время стандарты и своды правил получили значительное число негативных замечаний и отзывов от экспертов профессионального сообщества, Росстандарта и BIM Ассоциации. На практике проявилось большое количество недоработок нормативных документов. Правила информационного моделирования,

разработанные ранее в рамках государственного бюджета, в значительной части транслировали общедоступные американские методики и наработки. Часть данных правил и стандартов базировалась на уже отмененных международных стандартах, часть была не гармонизирована с национальными стандартами, сформированными идентично международным стандартам ИСО[5].

Согласно этим правилам, модель объекта строительства формировалась как совокупность архивов слабо структурированной информации — так называемых информационных контейнеров. Это отражает сложившуюся структуру данных объектов капитального строительства, содержащихся в основном в справочниках и каталогах зданий, их отдельных частей и конструкций[6].

Совокупность решения отраслевых задач информационные и коммуникационные программные инструменты, предоставляет специалистам и другим участникам доступ к информации и профессиональным сервисам по аналитике, планированию, организации, управлению и др. Без платформы нельзя отследить полный жизненный цикл проекта и корректно отразить его информационными потоками. Системообразующее свойство цифровой платформы — ее функционал или упорядоченное множество алгоритмов взаимодействий участников проекта и производства в едином информационном пространстве. Доступные функции взаимодействия участников проекта и соответствующие алгоритмы определяют достоинства, недостатки, эффективность и уровень зрелости цифровой платформы.[7]

Отраслевой цифровой платформе капитального строительства необходимо обладать комплексным функционалом, позволяющим решать информационные задачи, инфраструктурные задачи, технологические задачи и корпоративные задачи. Перспективной цифровой концепцией, подходы которой применимы к управлению ЖЦ проекта капитального строительства, является также производственная цепочка на платформе, описанной в работе.[8]

Еще одна цифровая производственная концепция, хорошо соответствующая специфике ЖЦ строительного проекта, — производственная виртуальная корпорация. Основной принцип работы виртуальной корпорации — изменение состава участников и организационно-управленческой структуры (или постоянная трансформация виртуального субъекта) в ответ на изменчивость внутренних и внешних факторов. Информационные потоки последовательных стадий жизненного цикла выстраиваются концептуально как производственная цепочка на единой отраслевой

цифровой платформе. Все организационные и ресурсные изменения фиксируются в цифровом двойнике про- Перспективы моделирования жизненного цикла объекта капитального строительства информационными потоками в режиме реального времени с помощью облачных технологий, больших данных, интернета вещей и коммуникационных технологий передачи больших объемов информации.[9]

Таким образом, в целом в строительной отрасли Российской Федерации сложились различные точки зрения на задачи развития, цели и результаты внедрения технологий информационного моделирования. При этом профессиональным сообществом осознана актуальная необходимость переосмысления целей BIM-технологий в направлении долгосрочных экономических моделей и управления жизненным циклом объектов капитального строительства. С этих позиций перспективна производственная концепция — виртуальное проектное предприятие на единой отраслевой платформе BIM, объединяющее цифровой инструментарий, соответствующий специфике информационных потоков полного жизненного цикла проекта в строительстве. Виртуальное проектное предприятие как управленческая модель оптимизирует и сокращает издержки сложившихся систем управления. При дальнейшей разработке и внедрении данная управленческая модель на отраслевой платформе BIM может составить информационно-технологическую основу новой организации труда и взаимодействия участников проекта — сотрудников и компаний. Одновременно с этим виртуальное проектное предприятие предлагается как производственная концепция и организационная основа перехода к BIM полного цикла, к управлению полным жизненным циклом проекта и реинжиниринга соответствующих информационных потоков. [10]

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевченко А.Е. Монологи о бизнесе. 2-е изд. М. : Изд-во Перо, 2017. 189 с.
2. Гоэль А., Ганеш Л.С., Каур А. Интеграция устойчивого развития в управление строительными проектами: морфологический анализ исследовательской литературы за более чем два десятилетия // Журнал чистого производства. 2019. Том 236.
3. . Беляева, Светлана Организационно-экономические изменения инвестиционно-строительного комплекса на микроуровне: управление и анализ / Светлана Беляева. - М.: НИУ МГСУ, 2014. - 502 с.

4. . Куракова О.А., Макеева Х. Использование BIM-технологий на стадии эксплуатации объектов недвижимости // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 2. С. 55–59.

5. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.

6. Волков А.А., Свиридов И.А. Поэтапная классификация алгоритмов реализации инвестиционностроительных проектов // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : сб. мат. сем., проводимого в рамках VI Междунар. науч. конф. Москва, 14–16 ноября 2018 г. Москва, 2018. С. 25–28.

7. Балдин, К. В. Управленческие решения / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, В.Б. Уткин. — М.: Дашков и Ко, 2019. — 496 с.

8. Волков А.А., Воложенин А.С. Выбор эффективной системы управления базами данных для проектов автоматизированных систем обработки информации и управления в строительных организациях // Научное обозрение. 2016. № 7. С. 240–246

9. Амелин, П. А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания / П. А. Амелин // Образование. Наука. Производство : XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 746-750. – EDN HSASEU.

10. Амелин, П. А. Применение искусственного интеллекта на этапе проектирования зданий и сооружений / П. А. Амелин // Строительство. Архитектура. Дизайн : Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Курск, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Меркулова. – Курск: Курский государственный университет, 2023. – С. 11-17. – EDN SVHYLT.

**УДК 624.04**

***Сиделин В.Э., Юрченко Э.В.***

***Научный руководитель: Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **НАЧАЛА СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Структурный синтез обеспечивает проектирование конструкции, которая в пределах нормативных требований эффективно осуществляет

функциональное назначение. К числу требований на функционирование конструкции принимают: 1) ограничения по напряжениям (условия прочности); 2) ограничения по перемещениям (условия жесткости); 3) ограничения по нарушению неразрывности частей конструкции.

А.Г. Юрьев [1,2] сформулировал вариационный принцип структурного синтеза, приемлемый для природных и инженерных конструкций и согласующийся с общефизическим принципом стационарного действия: потенциальная энергия системы в положении устойчивого равновесия достигает абсолютного минимума по перемещениям в функциональном пространстве, включающем поля не только напряженно-деформированного состояния, но и функций конфигурации и (или) модулей материала. Это выражается минимумом функционала по функциям перемещений максимумов по функциям конфигурации и (или) модулей материала.

Критерий рациональности конструкций не должен быть субъективным началом, а должен вытекать из уравнений структурообразования, являющихся уравнениями Эйлера-Лагранжа рассматриваемой вариационной задачи. При этом обеспечивается глобальный минимум объема (массы) материала.

Взаимосвязанные естественные константы  $\pi$ ,  $e$  (основание натурального логарифма) и  $\Phi$  (золотая пропорция) можно рассматривать как дискретные проявления законов синтеза в природе [3]. Величина  $\Phi$ , кроме того, составляет единство с числами Фибоначчи, отражающими целостность объектов природы.

Золотая пропорция, эмпирически использовавшаяся на протяжении тысячелетий в зодчестве, получила синергетическое осмысление. Уровень организованности оценивается соотношением хаоса и порядка в энтропийной мере. Функция гармонии

$$P = \frac{S}{S_{max} - S} \quad (1)$$

содержит энтропию  $S$ , определяемую по формуле Больцмана-Шеннона, и максимальную энтропию системы  $S_{max}$ , соответствующую равновероятности всех ее состояний (предельный хаос).

Параллельно рассматривается функция-ограничение, называемая функцией избыточности

$$R = \frac{S_{max} - S}{S_{max}} \quad (2)$$

Функция  $P$  возрастает от 0 до  $\infty$ , а функция  $R$  убывает от 1 до 0. Пересечение кривых  $P$  и  $R$  соответствует гармоничному состоянию,

когда  $S = 0,382 S_{max}$  (доля хаоса). Отношение доли упорядоченности 0,618 к доле хаоса составляет число  $\Phi = 1,618$ .

При этом соотношении беспорядка и порядка система сохраняет необходимую стабильность и, с другой стороны, достаточно высокий уровень разброса и неопределенности, оставляющий возможность для перемен и развития структуры.

Спираль роста с числами Фибоначчи и золотой пропорцией относится, вероятно, к общим принципам строения организмов и лежит в основе их морфологии и развития. Эта закономерность наблюдается на самых ранних этапах эволюции живой материи, в строении клетки и её составляющих [4,5].

В древних сооружениях золотая пропорция интуитивно нашла отражение в формах, деталях композиций. Она проявилась в отношениях целых чисел ряда Фибоначчи, открытого значительно позже.

Можно допустить, что основным исходным элементом формы пирамиды Хеопса является треугольник в её вертикальном сечении, у которого отношение катетов равно отношению гипотенузы к большому катету и равно  $1,272 = \sqrt{\Phi}$ , а отношение гипотенузы к малому катету равно  $1,618 = \Phi$ .

В Древнем Египте и Древней Греции широко использовался также треугольник с соотношением сторон  $1:2:\sqrt{5}$ , тесно связанный с золотой пропорцией, так как  $(1 + \sqrt{5})/2 = 1,618$ .

Из гармонии природы, отраженной законами синтеза, проистекают творческие начала, заложенные в вариационном принципе структурного синтеза.

В случае определения конфигурации при заданном объеме тела и пренебрежении объемными силами свободная от нагрузки граница является изоэнергетической поверхностью [2]:

$$u_s = \text{const}, \quad (3)$$

где  $u_s$  – удельная потенциальная энергия деформации на указанной границе.

Условие (3) можно использовать в качестве критерия рациональности конфигурации конструкции, в частности, при использовании конечно-элементной модели. Если поверхностный слой представляет собой наиболее напряженную область, то оптимальная конфигурация определяется путем решения задачи структурного синтеза при заданной величине  $u_s = u_{adm}$ , соответствующей

допустимым значениям нормальных (касательных) напряжений  $\sigma_{adm}$  ( $\tau_{adm}$ ).

При использовании гипотезы Бельтрами имеем:

$$u_{adm} \leq \sigma_{adm}^2 / (2E), \quad (4)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости.

При использовании энергетической гипотезы прочности величина  $u_{adm}$  не должна превышать удельной энергии формоизменения при одноосном растяжении, т.е.

$$u_{adm} \leq [(1 + \nu)\sigma_{adm}^2] / (3E), \quad (5)$$

где  $\nu$  – коэффициент поперечной деформации.

Исследование глобальной экстремальности функционала структурного синтеза проведем на примере консоли (рис. 1) при заданном объеме материала  $V_0$

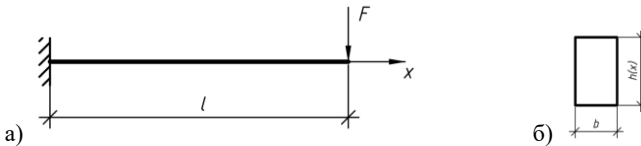


Рис. 1 Консоль: а – расчетная схема; б – поперечное сечение

В соответствии с рис.1 имеем:

$$V = b \int_0^l h(x) dx. \quad (6)$$

Функционал задачи синтеза имеет следующий вид:

$$J[h(x)] = -\frac{6F^2}{bE} \int_0^l \frac{x^2 dx}{[h(x)]^3} + \mu b \int_0^l h(x) dx, \quad (7)$$

где  $\mu$  – множитель Лагранжа.

Так как

$$\delta^2 J[h(x)] = -\frac{6F^2}{bE} \int_0^l \frac{12x^2}{[h(x)]^3} \delta^2 h(x) dx < 0,$$

функционал является выпуклым вверх, т.е. имеет на выпуклом множестве не более одного максимума. Это обеспечивает абсолютный минимум расхода материала для заданной консоли.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрьев А.Г. Строительная механика: синтез конструкций. М.: Изд-во МИСИ. 1982. 100 с.
2. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 2002. 90 с.
3. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова . 2013. №5. С. 46-48.
4. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М.: Мир. 1969. 216 с.
5. Васютинский Н.А. Золотая пропорция. М.: Мол. гвардия. 1990. 240 с.

УДК 691.200

*Степанова Е.В.*

*Научный руководитель: Коркишко А.Н., канд. техн. наук  
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия*

### **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ**

В настоящее время строительство в условиях Арктики является одной из наиболее сложных и опасных задач. Это связано с экстремальными погодными условиями, особенностями грунтов, а также высоким уровнем риска для работников и окружающей среды. В связи с этим, использование инновационных материалов становится все более актуальным для решения проблем безопасного строительства в Арктике.

Цель научной статьи - проанализировать применение инновационных материалов в строительстве в условиях Арктики и оценить их эффективность в решении проблем безопасности. В статье будут рассматриваться различные типы материалов, такие как термоизоляционные материалы, композитные материалы, металлоконструкции и другие, и сравнительный анализ их применения в строительстве в Арктике.

Термоизоляционные материалы:

- Пенополистирол (ППС) - легкий и удобный в применении, но не очень эффективный при экстремальных температурах, так как может потерять свои термоизоляционные свойства при сильных морозах.

- Минеральная вата - более эффективный вариант, чем ППС, так как сохраняет свои свойства при экстремальных температурах, но имеет более высокую стоимость.

- Пенополиуретан (ППУ) - имеет высокую теплоизоляционную способность и хорошо сохраняет свои свойства при экстремальных температурах, но может быть опасен для здоровья при пожаре [1].

Композитные материалы:

- Стеклопластик - легкий и прочный материал, который не подвержен коррозии и не требует специального ухода, но имеет высокую стоимость.

- Карбоновые волокна - очень прочный и легкий материал, который обладает отличными теплоизоляционными свойствами, но также имеет высокую стоимость.

- Фиброцементные панели - прочный и долговечный материал, который хорошо справляется с теплоизоляцией, но может быть непрактичным для использования в условиях Арктики из-за своей тяжести.

Металлоконструкции:

- Сталь - прочный и долговечный материал, который может быть использован для создания каркасов зданий, но требует дополнительной теплоизоляции, чтобы обеспечить комфортные условия внутри здания.

- Алюминий - легкий и прочный материал, который также может быть использован для создания каркасов зданий, но он менее устойчив к коррозии, чем сталь.

Из перечисленных материалов наиболее эффективными для использования в строительстве в Арктике являются ППУ, минеральная вата, стеклопластик и карбоновые волокна. Они обладают высокой теплоизоляционной способностью и могут сохранять свои свойства при экстремальных температурах. Однако стоит учитывать, что стоимость этих материалов может быть высокой [2].

Недостатки применения в строительстве в Арктике следующих материалов:

1. Теплоизоляционные материалы:

- Высокая цена;

- Низкая устойчивость к механическим воздействиям;

- Снижение эффективности изоляции при наличии влаги;

- Трудность в транспортировке и установке.

2. Композитные материалы:

- Высокая стоимость;

- Необходимость использования специальных технологий для производства и монтажа;

- Ограниченная долговечность при экстремальных условиях (низкие температуры, агрессивная среда).

### 3. Металлоконструкции:

- Ржавление и коррозия при воздействии агрессивной окружающей среды;

- Снижение прочности и устойчивости при низких температурах;

- Трудность в транспортировке и монтаже.

### 4. Другие материалы:

- Низкая устойчивость к экстремальным условиям;

- Снижение эффективности при наличии влаги или при низких температурах;

- Ограниченная долговечность [3].

Примеры обеспечения безопасности в строительстве в Арктике с использованием различных материалов могут включать:

- Термоизоляционные материалы: в Арктике важно обеспечить надежную теплоизоляцию зданий, чтобы сохранять тепло внутри и защищать от холода снаружи. Одним из примеров термоизоляционных материалов, которые можно использовать в Арктике, является минеральная вата. Этот материал имеет высокую теплоизоляционную способность и не горит, что делает его безопасным для использования.

- Композитные материалы: композитные материалы могут использоваться в Арктике для создания легких, прочных и износостойких конструкций. Например, композитные панели могут быть использованы для создания облицовочных материалов для зданий или для создания крыш и фасадов. Композитные материалы также могут быть использованы для создания лодок и другой техники, которая может использоваться в Арктике.

- Металлоконструкции: металлоконструкции могут быть использованы в Арктике для создания прочных и устойчивых к снегу и льду зданий и сооружений. Например, металлические каркасы могут быть использованы для создания крыш и фасадов зданий, а также для создания мостов и других сооружений.

- Другие материалы: в Арктике могут быть использованы и другие материалы для обеспечения безопасности в строительстве. Например, специальные полимерные материалы могут быть использованы для создания прочных и износостойких покрытий для дорог и аэродромов. Также могут быть использованы специальные стекла и пленки для защиты от холода и ветра [4].

В настоящее время безопасное строительство в арктических регионах является одной из ключевых задач в области инженерии. Использование инновационных материалов может значительно

повысить эффективность и безопасность строительства в условиях экстремальных климатических условий. В данной статье были проанализированы различные инновационные материалы, такие как теплоизоляционные материалы, гидроизоляционные материалы, металлические конструкции и композитные материалы. Было выявлено, что использование этих материалов в сочетании с современными технологиями может обеспечить не только безопасность, но и долговечность строительных объектов в арктических условиях. Результаты исследования показали, что использование инновационных материалов для безопасного строительства в арктических регионах является актуальной темой для дальнейших исследований и разработок.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ Р 57147-2016. Материалы теплоизоляционные. Общие технические требования. - Введ. 2017-01-01. - Москва: Минэкономразвития России, 2016. - 11 с.

2. Алексеева, Е. В. Исследование возможности использования инновационных материалов при строительстве объектов в условиях Арктики / Е. В. Алексеева, А. С. Смирнов // Вестник Московского государственного строительного университета. - 2016. - № 1(29). - С. 101-106

3. Коротков, А. В. Инновационные материалы для строительства объектов в условиях Арктики / А. В. Коротков, О. В. Лебедева, А. В. Петров // Энергетика и энергосбережение. - 2015. - № 11. - С. 26-30.

4. Макаров, Д. В. Использование инновационных материалов при строительстве объектов в Арктике / Д. В. Макаров, А. А. Поляков // Строительство и реконструкция. - 2017. - № 5. - С. 26-30.

**УДК 69.059**

***Сырых А.А., Грищенко М.С.***

***Научный руководитель: Сальникова О.Н., канд. фил. наук, доц.***

***Белгородский государственный технологический университет***

***им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

### **ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

Процесс проектирования автомобильных дорог производится в разных природно-климатических, инженерно-геологических условиях. В связи с этим актуальным остается вопрос о необходимости выполнения всех нормативных требований и, одновременно, учета

геологических особенностей местности, охраны защиты окружающей среды. Как известно, опасные геологические процессы – это такие процессы, которые возникают по естественным или техногенным причинам и изменяют состояние поверхностной части литосферы, что может повлечь за собой неблагоприятные последствия как для объектов хозяйства и человека в целом, так и для окружающей среды.

При учете данных, представленных в СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов», можно сказать, что на территории Российской Федерации выделяют 11 опасных геологических процессов, к которым относят оползни, обвалы, сели, лавины, карст, подтопление, переработка берегов, пучение, наледеобразование, термокарст, затопление [1].

Подтопление, оползни, карстовые процессы и морозное пучение – именно эти геологические процессы являются наиболее опасными и частыми по исследованиям Халуилиной Л.Э. В связи с этим представляется важным исследование влияния перечисленных выше процессов на строительство дорог в Российской Федерации [2].

Подтоплением называют сложный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс, который за счет изменения местного водного режима и баланса вызывает повышение уровня подземных вод, или влажности грунтов, или и то, и то до значений, превышающих допустимые для определенных видов застройки и способствующие возникновению условий, неподходящих как для строительства, так и для эксплуатации объекта [3].

Ярким примером влияние подтопления на дорожное строительство выступает Новгородская область. В результате изменения водного режима – паводка – реки выходят из берегов, затапливая участки дорог, мосты. Также этому способствует большое количество осадков в виде снега, который начинает сразу же таять из-за положительной температуры воздуха. Поэтому на 460 километре трассы М10 «Россия» произошло подтопление проезжей части. Поток воды был настолько сильным, что водопропускная труба не справилась. Результат подтопления показан на рисунке 1. Мы видим, на картинке размыв откоса насыпи, а, следовательно, и проникновение воды в нижние слои асфальтобетона, что негативно скажется на эксплуатационных характеристиках покрытия. Также придется восстанавливать водопропускную трубу [4].



Рис. 1 Результат подтопления дороги Новгородской области

Еще одним из опасных геологических процессов являются оползни. Оползнем называют смещение горных пород с различных склонов или строительных выемок под действием собственного веса грунта, объемных и поверхностных сил.

23 февраля 2023 года сошел второй за неделю оползень. Это произошло буквально в ста метрах от участка, где случился первый оползень, после чего вводилось реверсивное движение для автомобилей. Уже стали известны причины такого явления, ими стали продолжительные осадки, которые пришли на Краснодарский край. Безусловно было разрушено дорожное полотно. Теперь рабочим приходится восстанавливать вдоль продольной разметки металлические трубы, которые стабилизируют покрытие. Также проводятся мероприятия по стабилизации грунта. Движение на трассе осуществляется в реверсивном режиме, что создает дополнительные неудобства. Последствия оползня представлены на рисунке 2 [5].

Следующим опасным геологическим процессом выступают карстовые процессы. Карстовым процессом (карстом) называют сложный геологический процесс, вызванный растворением горных пород подземными и поверхностными водами, выражающийся в ослаблении пород, трещиноватости, образовании полостей и пещер, изменении напряженного состояния пород, возникновении динамики подземных и поверхностных вод, химического состава, режима, развитии суффозий – как механических, так и химических, и эрозий грунтов, а также оседаний, обрушений и провалов как грунтов, так и земной поверхности.



Рис. 2 Последствия оползня в Краснодарском крае

Карстовые процессы считаются одними из наиболее трудно прогнозируемых и опасных природных процессов, проявляющихся в виде внезапных провалов и оседаний земной поверхности с размерами в плане и по глубине до 50-100 и более метров.

При образовании карст происходит практически непоправимые потери в области дорожного строительства. Например, на рисунке 3, изображено последствие от карста на перекрестке в центре Мехико, которое произошло 31 августа 2017 года. На фотографии даже заметны потоки воды, стекающие под землю.



Рис. 3 Последствия образования карста в Мехико

На рисунке 3 видно полное разрушение дорожной одежды части дороги.

Еще один опасный геологический процесс – это морозное пучение. Морозным пучением называют геологический процесс, при котором объем грунта увеличивается, а его поверхность становится выше

вследствие промерзания грунта, движения влаги, образования ледяной прослойки и деформации скелета грунта. Признаками зимнего пучения являются неравномерное возвышение дорожного покрытия и взбугривание некоторых участков дороги. С учетом интенсивности транспортного потока на автомобильной дороге, значительная часть пучений приводит к образованию в верхнем слое дорожной одежды сетки трещин различных форм и площади [6].

Весной, когда наблюдается таяние снега, на пучинах дорожного покрытия могут появиться мокрые пятна. Части дренарующего слоя или грунта могут выходить вместе с водой на поверхность, что значительно понижает прочность асфальтобетонного покрытия и приводит к интенсивному разрушению. На таких участках заметен также процесс колееобразования, что негативно сказывается на характеристики покрытия [7].

Особенности влияния геологических условий местности на процесс дорожного строительства представлен в различных аспектах: геодезических, социально-экономических, географических. Исследование и анализ особенностей влияния геологических факторов, позволяет сделать вывод о том, что, учет геологических факторов, должен обязательным образом найти свое выражение в совершенствовании строительства дорог [8].

Таким образом, были рассмотрены опасные геологические процессы и их влияние на автомобильные дороги. Как показал проведенный анализ, все упомянутые процессы отрицательно влияют на дорожное покрытие, а для восстановления последствий требуется большое количество техники, специалистов и финансовых затрат. Проблема разработки мероприятий по предотвращению влияния опасных геологических процессов на дорожную отрасль все еще требует своих решений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. М.: Госстрой России, 2012.
2. Халиулина, Л. Э. Об опасных геологических процессах // Достижения науки и образования. 2018. № 11(33). С. 14-15.
3. Губарев, С. А. Практикум по инженерной геологии / С. А. Губарев, Н. Н. Оноприенко, О. Н. Сальникова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. 62 с.



4. Обезд подтопленного участка М10 в Крестецком районе организовали по М11 // GPNV.RU: [Электронный ресурс] URL: <https://gpnv.ru/40314> (дата обращения: 29.03.2023).

5. Второй за неделю оползень сошел на федеральную трассу Джубга-Сочи в Туапсинском районе // Комсомольская правда [Электронный ресурс] URL: <https://www.kuban.kp.ru/daily/27470.5/4725326/> (дата обращения: 29.03.2023).

6. Байдин, И. Ю. Обзор противокарстовых мероприятий при проектировании линейных объектов / И. Ю. Байдин, С. А. Сазонова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. № 2. С. 324-329.

7. Рекомендации по совершенствованию методов борьбы с пучинами при ремонте автомобильных дорог / Рос. гос. концерн «Росавтодор», НПО Росдорнии. М., 2008. 87 с.

8. Оноприенко Н.Н. Учет инженерно-геологических факторов в формировании кадастровой стоимости земли // Вектор ГеоНаук. 2018. – Т. 1. – №3. С. 73-79.

**УДК 697.4**

***Хабибрахманова А.А.***

***Научный руководитель: Ляпин А.И., канд. техн. наук, доц.***

***Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия***

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ЖКХ**

Применение в системах отопления коммунально-бытовых потребителей, а также в административных и общественных зданиях и сооружениях расширительных баков и резервуаров необходимо для компенсации изменений объема теплоносителя в системе отопления при изменении его температуры. Расширительная система системы отопления, как комплекс устройств, позволяет сохранять оптимальное давление в системе и предотвращает ее разрушение, в первую очередь трубопроводов систем теплоснабжения.

В зависимости от вида системы отопления и сложности ее технологической схемы основными элементами расширительной системы отопления могут являться: расширительный бак, мембранное расширительное устройство, запорная арматура, манометры и другие элементы, в том числе системы контроля за параметрами

теплоносителя, средств управления, автоматизации и диспетчеризации, и др.

Расширительный бак выполняет функцию резервуара для теплоносителя, который расширяется в трубопроводах систем при его нагреве. Мембранное расширительное устройство представляет собой закрытую емкость с гибкой мембраной, которая отделяет теплоноситель от газовой (воздушной) среды. Запорная арматура служит для регулирования давления в системе, а манометр – для контроля его значения.

Расширительная система отопления может быть установлена, как в системах с естественной циркуляцией теплоносителя, так и в системах с принудительной циркуляцией. Ее наличие обеспечивает стабильную работу системы отопления и повышает ее эффективность.

Одной из основных проблем, связанных с расширительной системой отопления в жилых домах, является ее неправильная установка и/или некачественный монтаж. Это может привести к утечкам теплоносителя или повреждению системы.

В процессе эксплуатации необходимо следить за уровнем теплоносителя в расширительном баке и поддерживать его в соответствии с рекомендациями производителя. Также необходимо регулярно проверять состояние и работоспособность клапанов и других элементов расширительной системы отопления, а также проводить ежегодную профилактику и обслуживание всей системы отопления. При обнаружении любых неисправностей необходимо незамедлительно принимать меры по их устранению.

Выбор расширительного бака для отопления зависит от нескольких факторов, таких, как объем системы отопления, давление в системе и температура. Например, для расчета объема системы отопления необходимо знать количество радиаторов, длину трубопроводов и высоту здания. Объем системы отопления можно определить по формуле:

$$V = Q \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot \beta \cdot 1,16, \quad (1)$$

где  $V$  – объем системы в литрах,  $Q$  – тепловая мощность котла, кВт,  $\Delta t$  – разница температур на входе и выходе системы, °С,  $1,16$  – переводной коэффициент из кВт в л/ч.

После расчета объема системы отопления необходимо выбрать расширительный бак соответствующего объема. Объем расширительного бака должен быть не менее 10 % от объема системы

отопления. Например, для системы отопления объемом 100 литров необходим расширительный бак объемом не менее 10 литров.

Обычно рабочее давление в системе составляет от 1 до 3 бар. Если давление выше, то нужен бак, рассчитанный на более высокое давление. Для расчета давления в системе отопления необходимо знать ее параметры, такие как объем, количество и тип радиаторов, длину трубопроводов и т.д. Для ориентировочного расчета можно использовать следующую формулу:

$$P = G \cdot V / (3600 \cdot K), \quad (2)$$

где  $P$  – давление в системе отопления,  $G$  – мощность котла, кВт,  $V$  – объем системы отопления, л.,  $K$  – коэффициент запаса (обычно принимается равным 1,2). Например, для системы отопления с котлом мощностью 24 кВт и объемом 1000 литров [2]:  $P = 24 \cdot 1000 / (3600 \cdot 1,2) = 5,56$  бар. Это означает, что расширительный бак должен быть установлен на высоте, обеспечивающей давление в системе не менее 5,56 бар.

Важно определить расчетную температуру в системе отопления. Применяемые в системах отопления расширительные баки должны выдерживать расчетные значения температур.

Установка баков на правильной высоте, необходима для предотвращения образования воздушных пробок в системе отопления. Высота расположения расширительного бака для отопления зависит от давления в системе и должна быть выше уровня наибольшей точки системы отопления. Обычно расширительный бак устанавливают на чердаке или на верхнем этаже (верхней отметке) здания. Если система отопления имеет высокое давление, то расширительный бак можно установить на любом этаже здания, но при этом необходимо учитывать, что высота установки должна быть выше уровня наибольшей точки системы.

Подбор правильного размера бака. Размеры расширительного бака для отопления зависят от объема системы отопления, давления и температуры. Для расчета размеров следует умножить объем системы отопления на коэффициент, который зависит от давления в системе. Например, для системы с давлением 1 бар коэффициент равен 0,05, а для системы с давлением 3 бар – 0,12. Полученное значение нужно умножить на 1,1 для учета трубопроводов и радиаторов.

Формула для расчета объема расширительного бака:

$$V_{\text{БАК}} = V_{\text{СИСТ}} \cdot k \cdot 1,1, \quad (3)$$

где  $V_{\text{БАК}}$  – объем расширительного бака, л;  $V_{\text{СИСТ}}$  – объем системы отопления, л;  $k$  – коэффициент, зависящий от давления в системе;  $1,1$  – коэффициент учета трубопроводов и радиаторов. Например, если объем системы отопления составляет 100 л, а давление в системе – 2 бара, то расширительный бак должен быть размером:  $V_{\text{БАК}} = 100 \cdot 0,08 \cdot 1,1 = 8,8$ л.

Таким образом, для данной системы отопления подойдет расширительный бак объемом около 9 л [1].

Еще одной характеристикой, влияющей на работу систем, является материал расширительного бака. Расширительные баки для отопления могут быть изготовлены из различных материалов, таких как сталь, нержавеющая сталь, медь, алюминий и пластик. Выбор материала зависит от требований к прочности, коррозионной стойкости, температурных условий и других факторов. Например, для систем с высоким давлением и температурой часто используются расширительные баки из нержавеющей стали или меди, а для систем с низким давлением и температурой – из пластика или алюминия. Важно выбирать расширительный бак, который соответствует требованиям системы отопления и обеспечивает ее безопасную и эффективную работу.

Установка расширительной системы отопления производится на стадии монтажа системы отопления в жилом доме. Для установки выбирают подходящее место для расширительного бака и подключают его к системе отопления с помощью трубопроводов. Перед установкой необходимо убедиться в соответствии выбранной расширительной системы отопления требованиям надежности, безопасности, эффективности, совместимости и соответствия нормам и стандартам.

После установки расширительной системы отопления производят ее настройку и проверку на работоспособность. При эксплуатации системы отопления необходимо регулярно проводить техническое обслуживание и контролировать работу расширительной системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бигам. Как подобрать расширительный бак для отопления 14.06.2022. URL: <https://www.bigam.ru/stati/kak-podobrat-rasshiritelnyy-bak-dlya-otopleniya/> (Дата обращения: 14.05.2023)
2. Статья "Расчёт расширительного бака для системы отопления" на сайте "Отопление и водоснабжение". URL: <https://otoplenie-i-vodosnabzhenie.ru/rasschet-rasshirenitelnogo-baka-dlya-sistemy-otopleniya/> (Дата обращения: 14.05 2023)

*Чесноков И.А., Ерохин Н.Р.*

*Научный руководитель: Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Строительная отрасль является одной из ключевых отраслей, осваиваемых человеком. И постоянное развитие этой сферы требует своевременного применения в ней новейших разработок, таких как производственная техника, программное обеспечение или строительные материалы [1-5]. Одним из важнейших направлений развития, на которое следует обратить пристальное внимание, является сфера разработки и внедрения искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект (ИИ) имеет широкое множество форм применений в строительстве, начиная от помощи в моделировании дизайна будущего проекта, до отслеживания технологических процессов непосредственно на эксплуатируемом объекте. Но наиболее перспективным и инновационным применением ИИ в строительстве можно назвать его участие в разработке строительных конструкций зданий и сооружений. Базовая модель нейронных сетей представляет собой многоуровневую линейную комбинацию, возможно, нелинейных иницилирующих элементов. Нейросетевой подход особенно успешен в задачах распознавания оптических и акустических образов. Однако развивающиеся процессы требуют для изучения огромного набора информации, в частности несколько ортогональных правил, чтобы охватить заданное пространство. Из-за требования сравнимости пространств решений ИИ ограничивается ответами, уже полученными в учебном материале, и никогда не выходит за их пределы [6]. Говоря об ИИ для решения общих вопросов управления строительством, фокус направлен исключительно на подход, основанный на нейронных сетях.

Возможности искусственного интеллекта ограничены его работой с уже существующим базисом данных. Ожидается, что ИИ будет принимать решения лучше или наравне с человеком в той же ситуации и с теми же параметрами, то есть на основе идентичного уровня существующей информации. В частности, это позволяет ИИ принципиально не генерировать знания, которых изначально не существует, а только перерабатывать существующую информацию в решения, основанные на правилах. Результат его работы сводится к

упрощению технологических процессов, заложенных человеком, например, он способен упорядочить уже готовую смету строящегося объекта, или автоматически рассчитать зарплату рабочего, имея нужные данные. Поэтому считается, что ИИ действует в рамках закрытой системы, где возможно только причинно-следственное мышление, даже если принимать во внимание механизмы самоорганизации [7].

На современном этапе разработки возможности ИИ могут применяться для связанных относительно узких прикладных задач строительной сферы. Машинное обучение — одна из самых быстрорастущих областей, расширяющих текущее использование искусственного интеллекта. Новые возможности доступных высокоскоростных вычислений, открывают путь для сложных нейронных сетей.

На протяжении последних пяти лет множество строительных компаний делятся с обществом своими наработками по внедрению искусственного интеллекта в различные технологические процессы предприятий.

Такие сферы, как проектирование дизайна зданий, управление технологическими процессами, и разработка новых мер безопасности, подвергнутые успешному влиянию ИИ на их развитие. Во всех этих сферах был достигнут значительный прогресс невозможный без внедрения последних технологий [8, 9].

Генеративное проектирование является одним из примеров успешного использования ИИ в сфере строительства. За последние несколько лет информационное моделирование зданий (BIM) стало более совершенным способом создания 3D-моделей, на которые специалисты в области строительства полагаются при детальном проектировании, строительстве и реконструкции. Сегодня программисты расширяют возможности BIM с помощью искусственного интеллекта. BIM использует различные инструменты и методы, такие как машинное обучение, в командах, чтобы избежать распространенных проблем, таких как дублирование работы. Подгруппы, работающие над общими проектами, тратят время на создание моделей, уже созданных другими подгруппами. С помощью BIM пользователи «учат» машины использовать алгоритмы для создания многосценарных моделей. Создавая модели, ИИ учится с каждой итерацией, пока не найдет идеальную.

Еще одной перспективной возможностью применения ИИ является его участие в реставрации внешнего вида зданий и сооружений. В нашей стране имеется огромное количество объектов культурного

наследия: памятников, фресок, мозаик, зданий и прочего. Многие из них требуют не просто постоянного ухода, но и полноценной реставрации. Нынешняя политика восстановления объектов культуры говорит о вынужденном подражании первоначальному замыслу, нежели полной реконструкции изначального объекта. Причиной того являются серьезные внешние повреждения объекта, или его полное разрушения без сохранения цельной технической документации. Но уже в наше время ИИ способен оказать посильную помощь в процессе изначального внешнего вида предметов культурного наследия [10].

Все это примеры успешного применения ИИ в конструкторских, организационных и других спектрах задач, которые уже в наши дни доказали свою состоятельность. Прогнозирование действий с использованием ИИ мощный инструмент, потому что он не только предоставляет подробную информацию о текущей производительности в режиме реального времени, но и увеличивает скорость и помогает снизить риск будущих операций. В то же время он позволяет моделировать большое количество сценариев, быстро прогнозировать потенциальные события и «отказываться» от ключевых моментов, действуя без реального риска в реальном мире. Таким образом, единственной остающейся трудной задачей является заблаговременное выделение разрозненных сложных систем в виде ряда менее сложных подсистем, что служит предпосылкой всякой ручной или алгоритмической обработки, устанавливающей специфическую организацию. Ожидается, что ИИ будет полезен не столько как замена человеческого разума, сколько как поддержка алгоритмов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве. – Белгород, 2018.
3. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Ц., Ди Се., Сулейманова Л.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и варианты конструктивного решения зданий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Сборник докладов. В 2-х томах. 2018. С. 255-259.
4. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в

строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

5. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

6. Ginzburg A., Ryzhkova A. Information system of risks analysis and management for construction projects with energy-efficient technologies in use / International Journal of Applied Engineering Research 2015. Vol. 10. pp 41828-41830.

7. Прасолова А.Е. Математическое и программное обеспечение обработки многомерных данных нейронными сетями автореферат дис. кандидата технических наук: 05.13.11. Курский государственный университет. – Курск, 2008. – 27 с.

8. Бруссард М. Искусственный интеллект: Пределы возможного / Пер. с англ. Е. Арье. – М.: Альпина нонфикшн, 2019. 362 с.

9. Поляков В.Ю. Численное моделирование взаимодействия подвижного состава с мостовыми конструкциями при высокоскоростном движении // Строительная механика и расчёт сооружений. 2016. № 2. С. 54–60.

10. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления. – М.: Наука, 2012. 336 с.

**УДК 697.3**

*Чесноков И.А., Комков В.Д.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛО- И ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Проблема организации круглосуточного контроля за состоянием тепловых сетей и эксплуатация оборудования систем теплоснабжения, например, центральных (ЦТП) и индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), имеет большое значение на предприятиях нашей страны и других развивающихся стран.

Наиболее эффективной на сегодняшний день является система перехода централизованного теплоснабжения на систему



автоматического подключения отопления и горячего водоснабжения (ГВС) закрытого типа, работы с неиспользуемым режимом работы источника тепла и гидравлическим режимом теплоснабжения. Основной эффект от перехода на замкнутые системы ГВС и автономные системы подключения к отоплению – увеличение срока службы теплофикационного и сопутствующего оборудования; кроме того, улучшается качество воды в водопроводе. На сегодняшний день не менее 70% жилых домов осуществляют горячее водоснабжение посредством открытого разбора горячей воды из системы теплоснабжения [1-5].

При плохой окупаемости проектов по замене открытых систем на закрытые трудно привлекать средства частных инвесторов. Поэтому такие наиболее известные в России проекты как «Перевод потребителей 720 МКД города Новосибирска в 2013-2017 гг. с открытой системы теплоснабжения (ГВС) на закрытую систему ГВС» или «Новая закрытая система водо- и теплоснабжения 8 тыс. объектов г. Екатеринбург» рассчитывают в основном на бюджет. Екатеринбург выбран пилотной площадкой Минэнерго РФ. Стоимость екатеринбургского проекта предварительно оценивается в 60-80 млрд рублей, тогда как прибыль будет не настолько большая. Средства также обещает на условиях софинансирования выделить федеральный бюджет, область и муниципалитет. При этом бюджетные средства нельзя передать частной компании, а для передачи оборудования в собственность жильцов потребуется принятие закона, наподобие 185-ФЗ «О фонде содействия реформирования ЖКХ».

Есть опыт эксплуатации таких систем в республике Узбекистан, в Ташкенте на Куйлюк-2. Централизованное теплоснабжение домов обеспечивала котельная ТЦ-6. В рамках проекта были реконструированы и модернизированы выбранные жилые дома с системами отопления и горячего водоснабжения. Применялись два варианта схем подключения систем отопления и горячего водоснабжения:

- автономная система отопления и открытая система горячего водоснабжения;

- автономная система отопления и замкнутая система горячего водоснабжения – самое современное решение, близкое к европейским стандартам.

В отопительный период 2000 – 2001 гг. проводились экспериментальные исследования на установке Куйлюк-2.

Сравнивались два варианта подключения потребителей к тепловым сетям: «существующая система», представляющая собой

подключение системы отопления по зависимой схеме через элеватор и открытая схема подключения системы горячего водоснабжения, а также «самостоятельная схема подключения системы отопления и открытая схема подключения системы горячего водоснабжения». В течение всего отопительного периода в доме с открытой схемой наблюдалась совершенно нестабильная ситуация. В свою очередь, в доме с самостоятельной схемой подключения при той же ситуации в автономной системе отопления наблюдались стабильный напор и постоянный расход теплоносителя, т.е. система работала даже в наихудшей ситуации, обеспечивая стабильные комфортные условия [6]. Это свидетельствует о том, что при автоматическом регулировании на домовой подстанции можно добиться нормируемых значений внутренней температуры воздуха даже при неудовлетворительном центральном регулировании.

Немаловажное значение для нормальной работы тепловых сетей имеет учет расхода воды на создание циркуляции в системе ГВС [7-8]. Этот расход можно было не учитывать в доме с открытой схемой его величина была очень значительна. Здесь половина расхода тепла шла на один ГВС, т.е. 50%, хотя расчетная нагрузка на горячую воду составляет 18-20% от установленной мощности котельных. Это свидетельствует о большом перерасходе воды в открытых системах ГВС. Результаты анализа данных показали устойчивость системы отопления, подключенной по независимой схеме к тепловым сетям, практическое отсутствие стоков из системы отопления и поддержание нормированной температуры воздуха в помещении [9].

Для повышения энергоэффективности системы отопления, подключаемой по независимой схеме в качестве домовой подстанции, могут быть предложены современные тепловые модульные блоки, изготавливаемые для различных схем подключения к тепловым сетям. С точки зрения жизни в городе и отношений с ЖКХ одним из важнейших аспектов применения модульных тепловых пунктов является их использование в системе отопления и горячего водоснабжения. Использование тепловых модульных установок в составе индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) позволит: уменьшить вынужденные «переливы» в переходные, межсезонные периоды на 20-60 %, сократить инвестиции в тепловые сети; вдвое сократить потери тепла при транспортировке горячей воды, повысить надежность системы теплоснабжения.

В России с развитием коммерческого учета тепла энергетические компании все больше интересуются возможностями диспетчеризации. Подключение к сетям сбора данных может не только облегчить

контроль и управление оборудованием, но и упростить расчеты за поставленные энергоресурсы как с теплогенерирующими предприятиями, так и с управляющими компаниями и товариществами собственников жилья, позволит контролировать исправность приборов учета.

В настоящее время достаточное количество компаний занимается разработкой, проектированием и установкой систем диспетчеризации, однако при выборе программного обеспечения следует учитывать одно обстоятельство. Технологии диспетчеризации являются «открытыми», т.е. любая компания, выходящая на этот рынок, может работать с существующим программным обеспечением крупных компаний, давно присутствующих на рынке, а также развивать существующие технологии, иначе говоря, принимать условия работы крупных производственных компаний.

Преимущества индивидуальных тепловых пунктов:

- снижение эксплуатационных расходов на 40–60 %;
- высокая эффективность;
- точная настройка и подбор режимов теплоснабжения и теплоснабжения приводят к снижению потерь тепловой энергии до 15%;
- компактность.
- тихая работа;
- возможность установки в малогабаритных подвалах как строящихся, так и существующих здания;
- полная автоматизация теплового пункта;
- не требует высокой квалификации обслуживающего персонала;
- обеспечивает эффективное энергосбережение и комфорт в помещении;
- позволяет проводить погодную компенсацию, устанавливать режимы работы в зависимости от времени суток, использовать режимы праздников и выходных. Сезонность отопления требует перенастройки режима работы оборудования два раза в год [10].

Выбирая принцип организации систем теплоснабжения следует понимать, для каких целей она будет использоваться. В каждой из этих систем есть как достоинства, так и недостатки, например, открытая более дешевая и простая, но качество воды там плохое, а закрытая наоборот более сложная и требует большего внимания и вложения, но качество воды там лучше.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев, Е. С. Развитие жилищного строительства в России / Е. С. Глаголев, Л. А. Сулейманова, М. В. Марушко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С. 17-22. – DOI 10.12737/23587. – EDN XHLEEZ.

2. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий / Л. А. Сулейманова, А. Г. Козлюк, Е. С. Глаголев, М. В. Марушко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 7. – С. 32-36. – EDN WBVYSN.

3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Внедрение инноваций в систему отопления гражданских зданий // Университетская наука, №2(10), 2020. С. 126-128.

4. Рябчевский И.С. Концепция повышения качества услуг ЖКХ за счет внедрения инновационных технологий // Международный студенческий строительный форум – 2018 – Белгород, 2018. С. 204-208.

5. Чесноков, И. А. Актуальные вопросы функционирования жилищно-коммунального хозяйства России / И. А. Чесноков // Образование. Наука. Производство: сборник докладов XIV Международного молодежного форума, Белгород, 13–14 октября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 133-139. – EDN LYCDEG.

6. Рябчевский, И. С. Нормативное регулирование оценки технического состояния зданий / И. С. Рябчевский, И. А. Чесноков // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 6. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 316-322. – EDN QZXTFQ.

7. Марченко, Г. Н. Эффективность существующих систем теплоснабжения и энергосбережения в системе ЖКХ / Г. Н. Марченко, Р. Р. Фархутдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – № 1-2. – С. 116-124. – EDN SAWUTZ.

8. Киреев, Д. Я. Сравнительный анализ эффективности традиционных систем теплоснабжения и систем теплоснабжения на базе тепловых насосов / Д. Я. Киреев // Современные проблемы науки. – 2011. – № 3. – С. 72-73. – EDN RTYWKR.

9. Повышение эффективности эксплуатации систем централизованного теплоснабжения на основе применения информационной системы мониторинга тепловых сетей / С. В. Косяков, А. М. Садыков, В. В. Сенников, В. В. Смирнов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2018. – № 2. – С. 57-66. – DOI 10.17588/2072-2672.2018.2.057-066. – EDN YWQQSK.

10. Башмаков, И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения часть I. Проблемы российских систем теплоснабжения / И. А. Башмаков // Энергосбережение. – 2010. – № 2. – С. 46-54. – EDN UZCZWF.

**УДК 621.311**

**Шакиров Э.Р., Маслов И.Н.**

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННОГО РАЙОНА НА ОСНОВАНИИ ОБНОВЛЁННЫХ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ**

Изолированные районы России имеют специфические требования по энергоснабжению, так как они находятся далеко от центральных энергосистем и не имеют доступа к традиционным источникам энергии. В таких районах наличие надежного и качественного источника энергии крайне важно для обеспечения жизнедеятельности населения и развития производства. При выборе источников энергии для изолированных районов необходимо учитывать множество факторов, таких как климатические условия, географическую локацию, доступность топлива, экономическую эффективность, экологические аспекты, фактические электрические нагрузки.

Новые нормативные требования предъявляют более высокие требования к выбору источников энергии для изолированных районов. Требования также касаются экологической безопасности, энергоэффективности, надежности и экономической эффективности. Одним из основных требований является уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу. В связи с этим, использование топлива с низким содержанием серы и других вредных примесей является предпочтительным.

При выборе источников энергии для изолированных районов нужно учитывать некоторые задачи и требования к ним (Табл.).

Таблица – Задачи и требования

Задачи	Требования
Выбор типа и структуры источников генерации	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Требования со стороны потребителей</li> <li>– Наличие топливных ресурсов</li> <li>– Низкие капитальные затраты</li> <li>– Низкие эксплуатационные расходы</li> <li>– Возможности бесперебойного обеспечения топливными ресурсами</li> <li>– Климатические условия</li> <li>– Требования по надежности</li> </ul>
Выбор конфигурации и параметров сети	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Экономическая целесообразность</li> <li>– Географические особенности местности</li> <li>– Выбор места установки генераторов</li> <li>– Требования по надежности</li> </ul>
Оценка надежности электроснабжения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Соответствие показателям надежности (частота отказов, вероятность отказов, частота преднамеренных отключений, продолжительность отказов)</li> </ul>
Оценка качества электроэнергии	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Соответствие нормативным документам</li> </ul>

Для изолированных районов наиболее оптимальными источниками энергии являются возобновляемые источники, такие как солнечная, ветровая, гидроэнергетика и геотермальные источники. Они позволяют уменьшить зависимость от импортного топлива и сократить негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, возобновляемые источники энергии могут быть более экономически эффективными в долгосрочной перспективе, так как их эксплуатация не требует регулярного пополнения топливными ресурсами.

Однако, наличие возобновляемых источников энергии не всегда является возможным в изолированных районах из-за отсутствия достаточно развитой инфраструктуры и технологического обеспечения. В таких случаях, наиболее подходящими источниками энергии могут быть генераторы, работающие на местном топливе, таком как древесина или торф. Такие генераторы имеют низкие эксплуатационные затраты и могут быть использованы как основной источник энергии или как резервный источник для обеспечения надежности энергоснабжения в случае аварий или отказов других систем.

Еще одной альтернативой для изолированных районов является использование гибридных систем, которые комбинируют различные источники энергии. Например, можно использовать солнечные панели и ветрогенераторы в сочетании с генераторами на биотопливе или дизельных генераторах в качестве резервного источника. В такой системе автоматически выбирается тот источник, который является наиболее эффективным в текущих условиях.

Также важным аспектом выбора источников энергии для изолированных районов является их экономическая эффективность. В связи с этим, при выборе источников необходимо учитывать стоимость производства и доставки топлива, стоимость оборудования, а также затраты на эксплуатацию и обслуживание.

В заключение можно сказать, что выбор источников энергии для изолированных районов России на основании обновленных нормативных требований является сложной задачей, требующей учета многих факторов. Необходимо учитывать климатические и географические особенности региона, экологические требования, эффективность и экономическую целесообразность выбранных источников. Такой подход позволит обеспечить надежную и эффективную энергетику в изолированных районах России.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федотов А.И. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ / А.И. Федотов, А.Р. Ахметшин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2011. — № 5-6. — С. 79-85.

2. Зарипова С.Н. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ / С.Н. Зарипова, Н.В. Чернова, А.Р. Ахметшин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2014. — № 1-2. — С. 60-66.

3. Солуянов Ю.И. Анализ фактических электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания/ Ю.И. Солуянов, А.И. Федотов, А.Р. Ахметшин, В.И. Солуянов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2021. — Т. 23. № 6. — С. 134-147.

4. Солуянов Ю.И. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции/ Ю.И. Солуянов, А.И. Федотов, А.Р. Ахметшин, В.И. Солуянов // Вопросы электротехнологии. — 2021. — № 2(31). — С. 57-67.

5. Солуянов, Ю. И. Актуализация удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания/ Ю.И. Солуянов, А.Р. Ахметшин, В.И. Солуянов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2021. — Т. 23. № 3. — С. 47-57.

6. Солуянов Ю.И. Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы / Ю.И. Солуянов, А.И. Федотов, А.Р. Ахметшин, Чернова Н.В. // Электрические станции. — 2023. — № 2(1099). — С. 22-28.

### **УДК 69.03**

**Шановалова А.В., Щекина Н.А., Золотарева С.В.**  
**Научный руководитель: Ключев С.В., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ФИБРОБЕТОН ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

В данной статье рассмотрена проблема возведения зданий и сооружений в Сейсмоктивных регионах. и в настоящее время. Был собран краткий обзор существующих разработок на данную тематику. Так же рассмотрена роль фибробетонов в монолитном строительстве в сейсмоактивных регионах. В качестве добавки предложена тырса (опил) ракушечника, направленная на улучшение качеств бетона. Исследования показали, что при замене сыпучего заполнителя на тырсу ракушечника на 20% приводит к увеличению прочности бетона.

в Древние времена при строительстве античных сооружений большое значение уделялось методам устойчивости сооружений, их конструкции и т.п.

Так зодчие Древнего Рима уже имеют представление о долговечности различных видов построек в зависимости от использованных материалов. Например, при возведении здания с каменными стенами, его долговечность определялась в 80 лет.

Если обратить внимания на правила проектирования сооружений, взятых из археологических источников, то, можно увидеть, что уже в те времена при проектировании зданий был заложен главный принцип - придать зданию необходимый запас прочности. Так, например, при сооружении стен крепости «... бревна обожженного масличного дерева должны располагаться по толщине стен как можно чаще, чтобы стена, которую они соединяют как заклепками с обеих сторон, навсегда



сохранила свою прочность." Древние зодчие и проектировщики, ищущие взаимосвязь между диаметром и высотой колонн, пользовались следующим правилом: «...надо подумать, как сделать колонны, чтобы они были пригодны для выдерживания тяжести и были красивы». Было выведено следующее правило: «для объективного примера было взято соотношение ступни человека к его росту, выяснив, что такое соотношение равняется одной шестой, применить данное соотношение к колоннам»[1]. Приведем еще несколько примеров: «...необходимо озаботиться об облегчении стены за счет клиновидных каменных сводов. Ведь если над перемычками или притолоками будут клинчатые арки, то, от облегчения нагрузки древесина не будет прогибаться, а, с другой стороны при какой-нибудь порче его можно будет легко заменить без устройства подпорок».

Так же в трактатах помимо советов по возведению зданий имеется ряд важных советов касающихся устройства и проектирования фундамента: «...Особое внимание должно обратить на фундаменты, потому что земляная засыпка может причинить им огромный вред. Так как она не может всегда сохранять свой вес одинаковым, обычный для нее летом, в зимнее время, она впитывает в себя обилие дождевой воды, и своим объемом и весом разрушает и распирает кладку фундамента»[1].

В расчет принимались и строительные материалы, которые приводили бы к устойчивости зданий и сооружений.

С древних времен и по настоящее время возведение зданий и сооружений в условиях сейсмоактивности не теряет своей актуальности.

Если взглянуть на карту, то мы видим, что довольно большая часть населения проживает в районах с повышенной сейсмоактивностью.

Учитывая современные нормативы, рассчитанные на безопасность, прочность, мы сталкиваемся со следующими проблемами: долговечность такого типа зданий, полному их соответствию заявленным стандартам и требованиям при их дальнейшей эксплуатации.

При возведении зданий и сооружений в сейсмоактивных районах основываются на следующих основных нормативных актах:

СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» (актуализированная редакция СНиП II-7—81)

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85)

СНиП 22-07-2007 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83) и др.

Также при монолитном строительстве в сейсмоактивных районах рекомендуется проводить инженерные изыскания с целью определения сейсмичности территории, геоморфологии, геологии и физико-механических свойств грунта, какие деформации возникают в грунте. [2]. Как правило, они делятся на два типа: при внешней нагрузки, например, на растяжение, сжатие и т. д. и в случае деформации из-за антропогенного или природного воздействия. [3].

Исследование грунта и расчет его нагрузок позволяет определиться с выбором фундамента, что является основополагающим при любом строительстве [4].

Исходя из положений, мы выделили для себя один из важных аспектов, касающихся наших исследований при подобном виде строительства, а именно использование мелкозернистых бетонов, а также фибробетонов [5].

Можно сказать, что разработка составов фибробетонов на основе техногенного сырья и их широкое применение является наиболее энергоэффективным мероприятием, а также повышения качества и снижения материальных затрат.

При строительстве монолитных зданий из фибробетона в сейсмоактивном районе необходимо обращать внимание на входящие в его состав компоненты. Любой вид фибры выполняет роль армирующего материала, а значит повышает трещиностойкость, устойчивость к деформациям и т.п. [7]. С целью лучшего использования фибробетонов необходимо провести грамотный подбор состава. Это ведет к обеспечению необходимых физико-механических и эксплуатационных показателей [8].

При строительстве на основе мелкозернистого бетона в сейсмоактивных регионах большое значение имеют следующие характеристики: прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, пористость, тепловыделение, электропроводность [9].

В настоящее время быстрое развитие строительной отрасли и растущая потребность в строительных материалах, а также возникающие опасения по поводу экологических проблем подтолкнули исследователей к рассмотрению и изучению возможного использования местных, переработанных отходов в качестве альтернативы в производстве новых строительных материалов [10].

Предлагаем в качестве добавки для фибробетона использование тырсы, получаемой из ракушечника. Он зарекомендовал себя как камень имеющий полностью естественное происхождение, имеющих

хорошую морозостойкость, тепло- и шумоизоляцию, прочностью и пористостью. Сам по себе ракушечник является осадочной горной породой. Он хорошо зарекомендовал себя и применяется в строительстве на протяжении долгого времени. Так же в процессе добычи камня образуются побочные продукты (тырса, щебень), имеющий тот же состав, что и основной камень [11]. Такие продукты переработки так и не нашли масштабного и эффективного способа утилизации и вторичного использования.

Предлагаем обратить внимание на тырсу – опилки ракушечника. Тырса является полностью естественным материалом, на который не образуется аллергических реакций на организм человека. Существующие исследования тырсы ракушечника как добавки в бетоны показала, что при замене 20% мелкого заполнителя в бетоне тырсой, значительно влияет на удобоукладываемость и прочность бетона [12].

На сегодняшний день, тырсу ракушечника используют в качестве заполнителя для бетона от 5% до 20%. Однако в нашей стране еще мало уделено внимания исследованиям по применению тырсы в монолитном строительстве. Чаще она применяется как вариант замены сыпучих материалов при прокладке или ремонту дорожного полотна.

Во всем мире уже существует большое количество исследований на данную тематику. Предложены различные виды решения данных проблем от дополнительного армирующего слоя или вторичной каркасной опоры, до так называемого «мягкого первого этажа» [13].

Таким образом, была рассмотрена проблема возведения зданий и сооружений в сейсмоактивных регионах с Античных времен по настоящее время. Внимание и существующие наработки, а так же проводимые на сегодняшний день исследования, подчеркивают важность и актуальность данной темы. В качестве нового варианта исследования была предложена добавка тырсы в цемент для улучшения качеств бетона при строительстве. Первые исследования показали, что замена мелкого заполнителя на 20% тырсой ракушечника положительно влияет на прочность бетона. Такой вариант утилизации побочного продукта добычи ракушечника имеет экономическую целесообразность и положительный экологический эффект.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пономарев, А. Б. История и методология науки и производства в области строительства / А. Б. Пономарев, Е. А. Шаламова. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический

университет, 2014. – 184 с.

2. Клюев, С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11 (178). С. 38-39

3. Мажиев, Х. Н. Материалы и конструкции для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений (системный подход): специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Мажиев Хасан Нажоевич. – Махачкала, 2011. – 44 с.

4. Klyuev, S.V., Klyuev, A.V., Vatin, N.I. Fiber concrete for the construction industry // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 8 (84). С. 41-47.

5. Клюев, С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Технологии бетонов. 2012. № 5-6 (70-71). С. 33-35.

6. Клюев, С.В., Клюев, А.В. Управление проектными параметрами в задачах оптимального проектирования // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2010. № 1. С. 15-19.

7. Мажиев, Х. Н. Использование песчано-гравийной смеси для улучшения свойств грунтов основания зданий и сооружений в сейсмоопасных районах / Х. Н. Мажиев, А. Х. Мажиева, Т. С. А. Муртазаева [и др.] // МИЛЛИОНЩИКОВ-2022: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Грозный, 19–20 мая 2022 года. – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 2022. – С. 121-126. – DOI 10.34708/GSTOU.CONF.2022.32.21.027.

8. Klyuev, S.V., Khezhev, T.A., Pukhareno, Yu.V., Klyuev, A.V. The fiber-reinforced concrete constructions experimental research // Materials Science Forum. 2018. T. 931. С. 598-602.

9. Mehdi Yousefi, Reza Khandestani, Nima Gharaei-Moghaddam Flexural behavior of reinforced concrete beams made of normal and polypropylene fiber-reinforced concrete containing date palm leaf ash // Structures 37 (2022) 1053–106837 doi.org/10.1016/j.istruc.2022.01.067

10. Семёнова, А.Т., Цыплаков, А.Н., Черноусенко, Г.И., Шокин, О.В., Кукина, О.Б., Хорохордина Е.А. Исследование эффективности применения панелей из фиброгипса в строительстве с использованием отходов пиления ракушечника // Химия, Физика и Механика материалов. 2020. 2(25). С. 25–47.

11. E.-I. Yang, S.-T. Yi, Y.-M. Leem, Effect of oyster shell substituted

for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties, Cem. Concr. Res. 35 (2005) 2175–2182, /doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.03.016.

12. Шаповалова, А. В. Обоснование актуальности «зеленого» строительства на современном этапе развития общества / А. В. Шаповалова // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов XV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Губкин, 07 апреля 2022 года / Сост.: Е.Н. Иванцова, В.М. Уваров [и др.]. Том 1. – Губкин: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 304-308.

13. Requena-Garcia-Cruz M.V., Romero-Sanche E., Morales-Esteban A. Numerical investigation of the contribution of the soil-structure interaction effects to the seismic performance and the losses of RC buildings // Developments in the Built Environment 12 (2022) 100096 / doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100096

**УДК 693.94**

***Шляев Г.В., Якушев Н.М.***

***Научный руководитель: Кислякова Ю.Г., канд. пед. наук, доц.***

***Ижевский государственный технический университет***

***им. М.Т. Калашикова, г. Ижевск, Россия***

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕКРЕСТНО-СКЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Ни для кого не секрет, что на сегодняшний день большая часть площади Российской Федерации занимает такой ресурс как древесина. Её лесные ресурсы составляют более 80 млрд м<sup>3</sup> древесины, около 80% которых – хвойный лес [1].

Однако распоряжение такого количества древесины не делает отрасль деревянного домостроения лидером в России. Поводов слабого развития российского деревянного домостроения несколько. Незрелость спроса в связи со стереотипами (например, горючесть). Неосведомленность потребителя о качественных характеристиках деревянного домостроения. Отсутствие известных брендов зарекомендовавших себя. Недостаток инвестиционных средств, направляемых на развитие, техническое переоснащение предприятий деревообработки. Нехватка госпрограмм.

Мировой опыт показывает, что деревянное домостроение является дешевой, быстро возводимой, экологичной и удобной технологией строительства. Дерево достаточно удобный строительный материал, из которого можно строить дома круглый год, поскольку деревянное домостроение не предполагает “мокрых” процессов. Так же деревянные дома можно собирать из готовых конструкций, такие здания наиболее энергоэффективнее железобетонных конструкций.

Стоит отметить, что в 2020 году введены СП 451.1325800.2019 “Здания общественные с применением деревянных конструкций”, СП 452.1325800.2019 “Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций”, также в 2021 году вышло распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 № 312-р, в котором касаются темы перекрестно-клееных панелей для строительства жилых домов.

### **Перекрестно-клееные древесные панели.**

Дерево как строительный материал сейчас набирает темпы развития. Во многих ведущих странах строят жилые и общественные здания из деревянных конструкций. Чаще всего при строительстве таких объектов используют клееную древесину, в частности панели CLT.

CLT (Cross Laminated Timber) – перекрестно-клеенные деревянные плиты, применяются для строительства жилых и общественных зданий в качестве элементов стен, перекрытий, покрытий и перегородок [4].



Рис. 1 Монтаж стеновой CLT панели

CLT панели открывают широкие возможности для строительства разнообразных с точки зрения функционального назначения, визуального и технологического решения объектов. Их можно комбинировать с другими строительными материалами, такими как клееный брус, сталь, бетон, стекло, что дает большую гибкость при

выборе архитектурного стиля и дизайна здания, а так же при отделке помещения.

Для производства панелей используют такую породу дерева как ель. Связано это с тем, что ель обладает более высокой плотностью древесины, чем у той же сосны, при высыхании и усадке на ее поверхности возникает меньше трещин. Так же к преимуществам можно отнести тот факт, что ель обладает приятным белым цветом, остающийся практически неизменным на протяжении долгого времени.

Свойства перекрестно-клееных деревянных панелей.

Благодаря технологии изготовления, плита обладает превосходными прочностными характеристиками, и выносит большие нагрузки. Класс прочности ламелей относится к С24 по ГОСТ 33080-2014[4]. Продольные слои плиты определяют несущую способность, поперечные – продольную жесткость. Клеевой шов прочнее древесины, используются только безвредные сертифицированные в Европе клеевые системы. Полиуретановый клей, не содержащий формальдегида, одобрен для использования в помещениях и на открытом воздухе.

Панели обладают высокими характеристиками по огнестойкости и способностью сохранять структурную целостность здания в случае пожара. Материал относится к категории горючести Г4, скорость обугливания составляет 0,8 мм/мин [4]. Категория горючести, относится к таким материалам, у которых температура дыма 450 °С. Потеря длины превышает 85 %, массы – более 50%. Самостоятельное горение продолжается более 300 секунд[5].

Габаритные размеры панелей: длина до 16м, ширина до 3,5м, толщина от 60 до 400 мм. Стандартная ширина: 2,40м/2,50м/2,7м/3м. Вес панели около 470 кг/м<sup>3</sup> – для определения транспорта, 500 кг/м<sup>3</sup> – для статических расчетов. Влажность древесины составляет 12% с расхождением 2%. Теплопроводность и теплоемкость панелей равна  $\lambda = 0,12$  Вт/(м·К),  $c = 1,60$  кДж/(кг·К). Цены на панели начинаются от 3927 руб./м<sup>2</sup> до 24000 руб./м<sup>2</sup>. Цена зависит от количества слоев, размеров и категории панели. Категория А класса – две лицевые стороны. Категория В класса – одна лицевая сторона, вторая не лицевая. Категория С – две не лицевые стороны, требуется зашивка.

По сравнению с монолитным домостроением перекрестно клееная деревянная панель экономичнее. Она в пять раз легче бетона, меньше нагрузка на фундамент, высокая скорость строительства, осуществляется высокотехнологический монтаж с применением механизации.

Так же стоит отметить, что здания изготовленные из этого материала обладают достаточной термической эффективностью.

Здания имеют высокую естественную теплоизоляцию и высокую степень герметичности, что позволяет создать благоприятный микроклимат для человека за счет естественного баланса влаги и тепла.

Опыт отечественного и зарубежного деревянного домостроения

В городе Сокол Вологодской области 7 декабря 2022 года завершилось строительство первых в России многоэтажных деревянных жилых домов из CLT панелей. В роли застройщика выступила компания Segezha Group.

Segezha Group – уникальный российский лесопромышленный холдинг с полным циклом собственной лесозаготовки и специализацией на выпуске широкой линейки высокомаржинальной продукции. В фокусе развития – экологичные технологии глубокой переработки древесины и максимально безысходного использования сырья.

Жилищный комплекс «Соколики» город Сокол в Вологодской области имеет два корпуса, в которых расположены 64 одно- и двухкомнатные квартиры. Площадь квартир составляет от 48 до 65 м<sup>2</sup>. Высота зданий составляет 15 м. Занимаемая площадь застройки составляет 3 тыс.м<sup>2</sup>. Прилегающую территорию уже благоустроили, здесь расположена детская и спортивная площадка, организовали автопарковку, места для отдыха жителей. Основная часть этого жилого фонда будет использоваться в качестве служебного и личного жилья сотрудниками Segezha Group.

Два дома возвели за восемь месяцев. Разрешение на строительство получили в апреле 2022 года, а в сентябре были закончены основные строительные работы, в декабре отделочные. Дом сдан в эксплуатацию в конце декабря 2022 года.



Рис. 2 Жилой комплекс «Соколики»

Европейские страны делают большой упор на сохранение экологии. Забота об экологии отмечается не только в промышленных масштабах, но и в бытовых, например деревянное домостроение.



Первый опыт в строительстве деревянного многоквартирного жилого дома в Европе состоялся в 2009 году.

Stadhaus – девяти этажный жилой дом в Лондоне высотой 29 метров. Первое жилое здание, построенное из сборных многослойных деревянных панелей. Несущая конструкция была возведена менее чем за месяц всего четырьмя строителями. На все работы, включая внутреннюю отделку, понадобилось около года – как минимум в полтора раза меньше, чем на железобетонное здание такой же площади и высотности.

Отделка фасада выполнена из этернитовых панелей – фиброцементного материала, на 70% состоящего из остатков древесины. Пиксельный образ из белых, серых и черных панелей был достигнут благодаря фиксации света и тени от соседних зданий и деревьев.

Главное внимание инженеров было направлено на обеспечении устойчивости конструкции к прогрессирующему обрушению и хорошей шумоизоляции и звукоизоляции квартир. Для повышения качества звукоизоляции были сделаны плавающие полы и звукоизоляция стыков перекрытий и перегородок. В результате акустические показатели превзошли нормы, указанные в нормах для жилых зданий.

Здания из CLT-панелей строятся в четыре раза быстрее, чем железобетонные конструкции. Легкие конструкции легче монтировать, требуется меньшее количество рабочих, машин и механизмов на объекте. Деревянно-панельный дом примерно на четверть энергоэффективнее по сравнению с аналогичными зданиями из других материалов.

Панель обладает отличными прочностными характеристиками, способность выносить большие нагрузки и высоким классом огнестойкости. Так же к положительным качествам можно отнести такие свойства как сохранение структурной целостности, отличные характеристики теплоемкость и теплопроводность.

Сейчас строительство из дерева выглядит экономически оправданным: экспортные возможности у лесопромышленности снизились, отрасли нужно искать новые возможности сбыта.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Леспроминформ, [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2138>, свободный (16.01.23)
2. Сибирская финансовая сеть, [Электронный ресурс], - Режим

доступа: <http://krasplan.ru/blog/marketingovyye-issledovaniya/perspektivyirazvitiya-derevyannogo-domostroeniya-v-rossii.html>, свободный (20.01.23)

3. Floornature, [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://www.floornature.com/r2k-architectes-groupe-scolaire-pasteur-limeil-brevannes-12480>, свободный (21.01.23)

4. Segezha-group, [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://segezha-group.com/product/clt-panel/>, свободный (26.01.23)

5. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция), [Электронный ресурс], - Режим доступа: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_law\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_78699/), свободный (08.02.23)

**УДК 666.94:621.926**

**Шинкарь И.Р.**

*Научный руководитель: Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Пожарная безопасность необходима для защиты имущества и жизни. Пожары в зданиях могут возникнуть в любое время, таким образом, защита жителей и сохранение целостности строения имеют решающее значение. В последнее время произошло много пожаров, в том числе пожаров на бетонных конструкциях, это подтвердило, что понятие огнестойкости существенно ограничено. Однако значительный износ бетона происходит из-за пожара, который может угрожать безопасности установок во время предыдущих пожаров. Для фиксации истории конструктивной реакции в железобетонных элементах (конструкциях), подвергшихся воздействию огня в течение короткого времени, были проведены исследования деформаций, напряжений, трещинообразования, потери жесткости и прочности железобетонных каркасных конструкций. Беккер Дж.М. и Бреслер Б. [1] выполнили двухэтапный анализ с использованием конечно-элементного программного обеспечения. Учитывались тепловые воздействия, затем рассчитывался отклик конструкции. Программа была основана на численных процедурах. Исследование показало, что можно получить деформированную геометрию, которая уравнивает силы, вызванные приложенными нагрузками и внутренними напряжениями,

помимо износа, путем использования итерационного метода в пределах временных приращений. Герц К. [2] обсуждали свойства бетонных материалов при высоких температурах. Кроме того, были разработаны уравнения для описания окончательного анализа граничных условий «прямоугольных балок, плит, тавровых профилей, стен и прямоугольных колонн» в любой период любого вида пожара. Описанная методика заключалась в проектировании конструкции для различных сценариев воздействия пожара. Кроме того, поведение трехмерных железобетонных конструкций в условиях пожара было предсказано путем разработки программы тепловых вычислений методом конечных элементов (TEMP) и структурные вычисления (STRUCT) [3]. Во-первых, с помощью нелинейного термического анализа была определена дата распределения температуры. Затем рассматривались различия в матрице жесткости, вызванные вариациями характеристик материала. Следовательно, статический анализ был реализован с точки зрения интервалов времени до отказа. Траектории силы-температуры выражаются как траектория постоянных сил, но подверженных воздействию повышенной температуры, которая создает путь F.T., «путь постоянных сил, но подверженных повышенной температуре», и траектория, имеющая постоянную температуру, но подверженная воздействию T.F. маршрут «путь с постоянной температурой, но подверженный воздействию сил». Гидравлическая испытательная машина мощностью 2000 кН с электрической печью и сервоуправлением с обратной связью использовалась для испытания 13 образцов балок по двум основным траекториям. Согласно результатам, огнестойкость пути F.T. отличалась от пути T.F. также испытаны в другой статье [4] шесть образцов с разной толщиной бетонного покрытия. Авторы исследовали влияние бетонного покрытия на железобетон, воздействие огня и свойства изгибаемых элементов. Образцы подвергались обжигу нижней грани и двух боковых граней. Результаты показали, что нижнее бетонное покрытие значительно повлияло на предельную грузоподъемность; однако увеличение толщины бетонного покрытия уменьшило степень этого влияния. Следовательно, нецелесообразно повышать огнестойкость образца за счет чрезмерного увеличения толщины нижнего бетонного покрытия. По сравнению с нижним бетонным покрытием, боковое бетонное покрытие оказало незначительное практическое влияние на огнестойкость образца. Эльгазули А.Ю. и Иззуддин Б.А. сосредоточились на случае отказа с разрывом арматуры, связанном с работой легкоармированных бетонных элементов в условиях пожара, используя аналитическую модель для проведения параметрического

исследования. Результаты показали, что, помимо влияния температуры, другие факторы оказали значительное и прямое влияние на разрушение, т. е. свойства соединения, длина элемента и реакция стального материала. Было обнаружено, что глубина проникновения пропорциональна температуре пожара, а трещины часто довольно глубоко уходили в бетонную составляющую. Большая часть повреждений была ограничена поверхностью вблизи очага возгорания; однако тип растрескивания и обесцвечивания бетона указывал на то, что бетон вокруг арматуры достиг  $700^{\circ}\text{C}$ . Трещины, достигшие глубины конструкции более 30 мм, объясняются кратковременным циклом нагрева/охлаждения, вызванным тушением пожара. Эти результаты представляли собой тематическое исследование трещин в поврежденной пожаром бетонной конструкции с акцентом на глубину, на которую трещины проникают в бетон. Было замечено, что бетон пострадал больше, чем арматурные стержни, когда конструкция подвергалась воздействию огня. Также было замечено, что уровень нагрузки и осевые ограничения незначительно повлияли на тепловую реакцию железобетонных балок. Огнестойкость бетона зависела от продолжительности горения и температуры воздействия. Усиленный эффект на прочность был получен за счет увеличения времени выдержки при низкой температуре нагрева. При повышении температуры нагрева продемонстрирован эффект дегградации. Более длительное время воздействия в сочетании с более высокими температурами вызвало снижение модуля Юнга и коэффициента Пуассона, что способствовало эффекту дегградации. При более низких температурах нагрева более длительное время воздействия положительно повлияло на все показатели прочности и вязкости разрушения [5]. В целом, очевидно, что противопожарные характеристики бетона следует рассматривать как критический аспект проектирования современной конструкции из высокопрочного бетона. Кроме того, конструктивные элементы должны быть в состоянии выдерживать постоянные и временные нагрузки без разрушения, когда бетон подвергается воздействию огня. Помимо этого, как часть оценки качества, подобной этой, должны быть разработаны разумные правила и стандарты для практического применения с надлежащей эмпирической оценкой в лабораторном масштабе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беккер Дж. М., Бреслер Б. Железобетонные каркасы в условиях пожара. Журнал структурного отдела 1977; 103

2. Герц К. Проектирование пожароопасных бетонных конструкций. Технический университет Дании, 1981.

3. Терро М. ДЖ. Численное моделирование поведения бетонных конструкций при пожаре. Структурный журнал ACI, 1998 г.; 95: 183–193.

4. Shi X, Tan T-H, Tan K-H, и др. Влияние бетонного покрытия на огнестойкость железобетонных изгибаемых элементов. Журнал структурной инженерии 2004; 130: 1225–1232.

5. Чжан Б. Влияние испарения влаги (потеря веса) на свойства разрушения высокопрочного бетона при высоких температурах. Журнал пожарной безопасности 2011; 46: 543–549.

6. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов / Г. А. Смоляго, Н. И. Корсунов, А. А. Крючков, А. Н. Луценко // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. - № 8. – С.38-39. – EDN IAVLQX.

7. Обернихин, Д. В. Экспериментальные исследования прочности, трещиностойкости и деформативности железобетонных балок трапециевидного и прямоугольного поперечных сечений / Д. В. Обернихин, А. И. Никулин // Инновационная наука. – 2016. - № 8-2. – С. 73-77. – EDN WHTMCH.

**УДК 624.042**

**Юрченко Э.В., Сиделин В.Э.**

*Научный руководитель: Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШЕЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ БАЛКИ НА ПОДАТЛИВОМ ОСНОВАНИИ**

Для балки, лежащей на податливом основании, понятие наибольшей несущей способности принимает в некоторой мере другое толкование по сравнению с тем, что имеет место в теории расчета стержневых систем. Появление пластических шарниров в такой балке не выводит ее из строя, и она сохраняет возможность воспринимать нагрузку. Условным критерием предельного состояния для балки, лежащей на податливом основании, являются величина перемещений, величина раскрытия трещин, которые являются наибольшими в условиях эксплуатации. Во всех случаях нагрузка на балку не должна превышать несущую способность основания.

В данной работе величина наибольшей нагрузки на балку определяется интегральным методом [1,2]. Основание моделируется в виде изотропного линейно деформируемого упругого полупространства. Такая модель принимается и при наличии участков пластических отпоров под подошвой балки, поскольку можно допустить, что зона их распространения в глубину постели незначительна.

Законы деформирования балки и основания изменяются в соответствии со стадией деформирования материала. То же самое можно сказать об условиях контакта балки с основанием. Интегральный метод дает возможность учесть эти обстоятельства и вместе с тем не приводит к громоздкому решению.

Техническими условиями эксплуатации сооружений устанавливается предельная величина осадки основания и фундамента. При решении задачи принимается условие:

$$W_{\text{пост.мах}} = W_{\text{пост.адм}} \quad (1)$$

или

$$W_{\text{б.мах}} = W_{\text{б.адм}}, \quad (2)$$

где  $W_{\text{пост.мах}}$  и  $W_{\text{б.мах}}$  – наибольшие вертикальные перемещения постели и балки соответственно;  $W_{\text{пост.адм}}$  и  $W_{\text{б.адм}}$  – допустимые вертикальные перемещения постели и балки.

Процесс деформирования балки и основания разбиваем на интервалы, а нагружение принимаем простым, то есть внешние силы возрастают пропорционально одному общему параметру. Первый интервал относится к упругой стадии деформирования материала балки и основания до возникновения пластического течения в крайнем волокне опасного сечения балки или пластического отпора в наиболее нагруженной области постели. Начальный расчет выполняем для случая единичной нагрузки. В силу линейной зависимости между нагрузкой и элементами изгиба балки, отпорами и перемещениями постели величина наибольшей нагрузки  $F_{\text{мах}}$  определяется по формулам:

$$F_{\text{мах}} = \frac{W_{\text{пост.адм}}}{\bar{W}_{\text{пост.мах}}} \quad (3)$$

$$F_{\text{мах}} = \frac{W_{\text{б.адм}}}{\bar{W}_{\text{б.мах}}}, \quad (4)$$

где  $\bar{W}_{\text{пост.мах}}$  и  $\bar{W}_{\text{б.мах}}$  – наибольшие вертикальные перемещения постели и балки от единичной нагрузки.

Для абсолютно жесткой балки при прямо симметричной нагрузке выражение (3) принимает вид:

$$F_{max} = \frac{W_{пост. adm} l \pi E_0}{(1 - \nu_0^2) k}, \quad (3)$$

где  $l$  – длина балки;  $E_0$  и  $\nu_0$  – модуль деформации и коэффициент Пуассона грунта основания;  $k$  – безразмерный коэффициент [1].

Если формулам (3) и (4) соответствует упруго-пластическая стадия деформирования балки как основания, следует перейти ко второму интервалу их состояния. Для упруго-пластичной балки выражение момента инерции поперечного сечения необходимо записывать отдельно на упругих и упруго-пластических участках.

Можно значительно упростить решение задачи, если использовать обратный метод [3,4]. Считаются заданными расположение и длина упруго-пластических участков в балке или пластических участков в основании, а за неизвестное принимается величина  $F$ . Составив таблицу значений  $F$  и  $W_{пост. max}$  (или  $W_{б. max}$ ), в соответствии с указанными предпосылками, можно найти  $F_{max}$ , используя условия (1) и (2).

Аналогично решается и более сложная задача, когда одновременно в балке есть упруго-пластические участки, а в основании – пластические области.

Третий интервал деформирования наступает, когда в опасном сечении балки возникает пластический шарнир и изгибающий момент равен  $M_{пл}$  [5]. Балка переходит в разряд шарнирно-соединенных систем. Остается в силе сказанное для второго интервала.

Решение упрощается при идеализированном представлении пластического шарнира в сечении балки. Упругая стадия деформирования балки в этом сечении продолжается до того момента, пока изгибающий момент в нем не достигнет  $M_{пл}$ , после чего дальнейшие деформации в сечении происходят без увеличения изгибающего момента. Если основание не имеет пластических областей,  $F_{max}$  можно найти непосредственно из условий (1) и (2). В противном случае рационально применить обратный метод.

Следующие интервалы деформирования балки и основания связаны с возникновением пластических шарниров в новых сечениях балки.

Техническими условиями эксплуатации сооружений можно установить предельную величину разностей перемещений отдельных точек балки и основания. Приняв эти наперед заданные условия, наибольшую нагрузку определяют так же, как в случае заданной допускаемой величины перемещения [6].

Если материал балки хрупкий, появление предельного состояния может привести к возникновению трещин. Изгибающий момент падает до нуля, а поперечная сила передается через сечение. Задачу о деформациях балки с трещинами следует решать как для балки с конструктивными шарнирами.

На величину наибольшей нагрузки влияет ряд факторов, к числу которых можно отнести соотношение жесткостей балки и основания, соотношение величины пластического отпора и момента  $M_{пл}$  и др.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винокуров Л.П. Прямые методы решения пространственных и контактных задач для массивов и фундаментов. Харьков: Из-во ХГУ, 1956. 279 с.

2. Юрьев А.Г. К определению наибольшего нагружения для балки на податливом основании с использованием интегрального метода // Труды Харьков. инж.-строит. ин-та Харьков: Из-во ХГУ, 1963. Вып. 29. С.-56-58.

3. Винокуров Л.П., Юрьев А.Г. Приближенные решения задач теории пластичности для балок и плит с определением их предельного сопротивления. Белгород: Изд-во БТИСМ, 1972. 75 с.

4. Юрьев А.Г. Решение нелинейных задач строительной механики. М: Изд-во МИСИ, 1977. 128 с.

5. Хечумов Р.А., Юрьев А.Г., Толбатов А.А. Сопротивление материалов с основами строительной механики. М.: Изд-во АСВ, 1994. 387 с.

6. Юрьев А.Г., Рубанов В.Г., Горшков А.С. Расчет многослойных плит на упругом основании. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №. С. 51–59.

**УДК 621.311**

*Янушевская Я.С., Маслов И.Н.*

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Проектирование электрических сетей жилых и общественных зданий в Камчатском крае требует досконального понимания местного климата и строительных норм. Камчатский край расположен в самой



восточной части России и характеризуется суровыми погодными условиями, в том числе экстремально низкими температурами, обильными снегопадами и частыми землетрясениями. Эти условия могут повредить электрическую инфраструктуру, такую как линии электропередач и электрические столбы. Очень важно убедиться, что электрическая инфраструктура рассчитана на такие погодные условия и может быть быстро отремонтирована в случае повреждения. Поражение электрическим током также представляет значительный риск, связанный с электрическими сетями. Поражение электрическим током может произойти из-за неисправной проводки или электрооборудования. Крайне важно обеспечить правильное заземление всего электрооборудования и установку защитных выключателей для предотвращения поражения электрическим током. Проект электрической сети должен иметь возможность регулировать уровень напряжения, чтобы гарантировать, что приборы и электрические системы не будут повреждены. Регуляторы напряжения могут быть установлены для поддержания постоянного уровня напряжения, несмотря на колебания в электроснабжении [1]. Первым этапом проектирования электрической сети жилых и общественных зданий Камчатского края является определение потребности в электроэнергии. Это включает в себя расчет ожидаемой нагрузки каждого здания с учетом количества жильцов, количества и типа электроприборов, а также предполагаемых моделей использования на основании реальной загрузки [2-4]. Грамотное проектирование электрических сетей обеспечивает оснащение зданий надежной и безопасной системой электроснабжения. В данной статье мы рассмотрим факторы, которые следует учитывать при проектировании электрических сетей жилых и общественных зданий в Камчатском крае.

После определения потребности в электроэнергии следующим шагом является проектирование системы распределения. Распределительная система включает основные линии электропередач, трансформаторы и оборудование подстанции. В жилых домах электрическая сеть, как правило, предназначена для обеспечения питания систем освещения, отопления и бытовых приборов. В общественных зданиях, таких как школы, больницы и офисные здания, электрическая сеть также должна быть рассчитана на поддержку специализированного оборудования: медицинское оборудование и компьютеры. В таблице приведены нормативные параметры градостроительного проектирования [5].

Таблица – Нормативные параметры градостроительного проектирования

<p>Выбор напряжения электрических сетей Елизовского городского поселения</p>	<p>Учет их разработки и расчетных сроков имеет решающее значение при реализации системы напряжения в энергосистеме в диапазоне 35-110-220-500 кВ. Крайне важно выбрать напряжение, требующее наименьшего количества ступеней преобразования энергии в системе электроснабжения. Исходя из текущего периода развития, наиболее целесообразно принять систему напряжения 35-110/10 кВ.</p>
<p>Сетевое резервирование</p>	<p>Распределительная электрическая сеть должна соответствовать требованиям единовременного резервирования сети. Для обеспечения резервирования электрическая сеть 35-110 (220) кВ должна иметь несколько линий электропередач, присоединенных к разным трансформаторным подстанциям или разным участкам в пределах одной подстанции. Для потребителей, которые не могут себе позволить отключение электроэнергии, резервирование также должно быть реализовано за счет автономного источника питания, например, дизельных, газопоршневых, газотурбинных электростанций или источников бесперебойного питания.</p>
<p>Размещение линий электропередачи, входящих в общие энергетические системы</p>	<p>Запрещено в промышленных зонах, а также в промышленных зонах сельскохозяйственных предприятий.</p>
<p>Размещение линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше</p>	<p>Размещение воздушных линий электропередач ограничено территориями за жилыми домами и общественными предприятиями. При необходимости прокладки линий электропередач напряжением 110 кВ и выше в жилых или общественных хозяйственных помещениях они должны быть рассчитаны на присоединение к электрическим подстанциям и использовать кабельные линии в соответствии с указаниями энергоснабжающей организации.</p>

Требования к линиям электропередачи напряжением до 10 кВ на территории жилых зон	- Для конструкций высотой 4 этажа и выше кабели должны быть проложены под землей во время разработки. - Для конструкций высотой 3 этажа или короче допустима воздушная или кабельная установка.
Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий	В соответствии с требованиями НТП ЭПП-94.

Одним из важнейших аспектов при проектировании электрической сети Камчатского края является необходимость резервного питания [6, 7]. Учитывая экстремальные погодные условия в регионе, перебои с электричеством не редкость. Таким образом, необходимо установить резервные генераторы для обеспечения электроэнергией в случае отключения электроэнергии. Эти генераторы должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать суровые погодные условия и обеспечивать достаточную мощность для поддержки критически важных систем в здании.

Рельеф и география Камчатки также создают дополнительные проблемы для проектирования электрических сетей. Этот регион малонаселен и занимает обширную территорию, включая горы, леса и реки. Это требует тщательного планирования размещения линий электропередач и другой электрической инфраструктуры, чтобы обеспечить их доступность и устойчивость к суровым погодным условиям.

Электрические сети должны быть спроектированы так, чтобы свести к минимуму их воздействие на природную среду, включая использование возобновляемых источников энергии и тщательное управление отходами и выбросами.

Спроектированная электрическая сеть может помочь предотвратить перебои в подаче электроэнергии, снизить потребление энергии и обеспечить качество электроэнергии [8, 9].

В заключение отметим, что проектирование электрических сетей жилых и общественных зданий Камчатского региона требует глубокого понимания местного климата, строительных норм и правил потребления электроэнергии. Инженеры должны учитывать уникальные проблемы, связанные с суровыми погодными условиями региона, и проектировать надежные и эффективные электрические сети, способные удовлетворить потребности жителей и предприятий. Рекомендации могут обеспечить безопасность, эффективность и

надежность электрических сетей, обеспечить бесперебойное питание критически важных систем зданий и повысить качество жизни жителей и предприятий Камчатского региона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Схема и программа развития электроэнергетики Камчатского края на 2021–2025 годы. Распоряжение губернатора Камчатского края № 299-Р от 29.04.2021. – Петропавловск-Камчатский.

2. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28. EDN WUEGJL.

3. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Галицкий Ю.Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

4. Солюянов, Ю. И. Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Актуализация удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 47-57. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57. EDN LANQDE.

5. Местные нормативы градостроительного проектирования Камчатского края. Градостроительство. Сетевое издание «Официальный сайт администрации Петропавловск-Камчатского городского округа» 2020 – 2022.

6. Схема и программа развития электроэнергетики Камчатского края на 2020-2024 годы. Распоряжение губернатора Камчатского края № 458-Р от 30.04.2020. – Петропавловск-Камчатский.

7. Суглобов А. Е. Состояние и особенности энергосистемы Камчатки / А. Е. Суглобов, С. Р. Древинг, В. А. Петренко // Регион. экономика: теория и практика. — 2009. — № 12 (апр.). Федотов А.И. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

8. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66.

9. Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Абдрахманов Р.С. Обеспечение нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ с помощью вольтодобавочных трансформаторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 9-10. С. 40-45. EDN OONGZH.

*УДК 338.001.36*

*Яркова В.А., Раянов Р.Р.*

*Научный руководитель: Нигматзянова Л.Р., ст. преп.*

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

В данной работе рассматриваются системы отопления, работающие на газовых котлах и на ТЭЦ. Каждая из систем отопления предназначена для достижения общей цели – подачи в обогреваемые помещения необходимого количества теплоты в любой период отопительного сезона. При выборе той или иной системы, имея в виду эту цель, сравнивают эффективность различных систем отопления.

Одни из самых распространенных систем отопления – газовое и отопление от теплоэлектроцентрали. Каждая из них имеет специфические характеристики, преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при подборе нужной системы

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения. Центральная отопительная система предназначена для того, чтобы отапливать сразу несколько помещений или зданий из единого теплового центра.

Целью централизованной отопительной системы является отопление сразу нескольких объектов (помещений или зданий) из единого центра снабжения.

Достоинства централизованной системы отопления:

1.Отсутствие необходимости приобретения дорогостоящего оборудования, требующего монтажа;

2.Высокий уровень устойчивости системы; В котельных используется достаточно надежное отопительное оборудование, которое довольно часто позволяет использовать топливо разных видов.

3.Поскольку теплогенерирующие предприятия находятся на удалении от отапливаемого объекта, жилые квартиры не загрязняются продуктами горения топлива.

Недостатки централизованной системы отопления:

1.Включение и отключение отопления по графику.

2.Внушительные объемы теплопотерь как при производстве тепла, так и при передаче его до точки потребления; Во время прохождения многокилометрового трубопровода вода успевает остыть, поэтому для поддержания комфортной температуры в квартире требуется затратить значительно больше топлива, чем в случае с автономным обогревом;

3.Управлять температурой в помещении практически невозможно: все регулировки осуществляются в самой котельной. Так что может возникнуть как ситуация, когда при вполне приемлемой внешней температуре батареи отопления нагреваются излишне;

4.Затраты. Тарифы на отопление крайне непостоянны, поэтому сложно предсказать, сколько придется платить.

Газовый котел – устройство, служащее для нагрева и подачи воды в систему отопления помещений, использующее газ в качестве топлива. Котлы бывают двух видов: одноконтурные, используемые только для отопления, а также двухконтурные, которые используются для отопления и получения горячей воды, благодаря чему двухконтурные системы пользуются большим спросом, чем одноконтурные. Кроме того, котлы могут различаться по способу розжига – автоматический и ручной, типу тяги – надувной и естественной, а также напольные и настенные.

Плюсы газового отопления в помещении:

1.Экономичность. Вы оплачиваете только фактически использованный газ, расход которого полностью контролируется вами. Поэтому среднемесячные расходы на отопление газом могут быть значительно меньше, чем при отоплении от ТЭЦ;

2.Ручная регулировка температуры;

3.Возможность не платить за отопление при длительном отъезде или в период отсутствия жильцов;

4.Независимость от локальных ремонтов системы отопления;

5.Возможность заложения системы тёплых полов.

Минусы газового отопления в помещении:

1.Риск утечки газа. Данная проблема является наиболее распространенной в газовых системах отопления. Утечка газа может спровоцировать взрыв, который может понести за собой жертвы;

2.Ремонт и обслуживание газового оборудования. Владелец квартиры или какого-либо помещения несет полную ответственность за

состояние отопительной системы. Расходы на осмотры, ремонтные работы и замену оборудования оплачивает непосредственно сам собственник;

3.Зависимость от водоснабжения в доме. Если воды нет, то газовая система отопления не будет работать;

4.Большой расход воды при наличии теплых полов;

5.Уязвимость к скачкам напряжения. Нестабильная работа электроники может вывести из строя всю систему в целом, что приведет к недешёвому ремонту или же полной замене оборудования;

6.Необходимость фильтрации воды. При циркуляции в котле воды, в которой содержатся примеси, вызывающие коррозию, теплообменники могут выйти из строя. Чтобы этого избежать, рекомендуется ставить специальные фильтры;

Одним из важных показателей выбора является – экономичность. Экономичность системы отопления обусловлена стоимостью материалов и оборудования, изготовления и сборки, а также эксплуатации. Показателями экономичности являются технологичность конструкции, масса элементов, затраты труда и сроки изготовления и монтажа, расходы на наладку, управление и ремонт. Экономический эффект выявляется при проведении технико-экономического сравнения различных проектных решений. Сравнение позволяет выбрать систему отопления, наиболее экономичную в данных конкретных условиях. Чаще всего сопоставляют системы по капитальным вложениям и эксплуатационным затратам. Реже учитывают еще сроки монтажа и службы систем, наличие трудовых резервов.

Проведем сравнение двух систем отопления на примере двух квартир площадью 57 квадратных метров. В одной установлен газовый котел, а в другой отопление поступает от ТЭЦ. Тариф на газ – 6,78 руб./м3, на централизованное отопление – 2000 руб./Гкал. Стоимость тех. Обслуживания котла – 2500 рублей в год.

Таблица 1 – Газовый котел

Месяц	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Объем, м3	103	123	135	150	107	70	5
Сумма, руб.	698,34	833,94	915,30	1017	725,46	474,60	33,90
Итого, Руб.	7198,64						

Таблица 2 – Централизованное отопление

Месяц	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Объем, Гкал	0,5021	0,9267	1,6717	1,6334	1,5289	1,0068	0,6805
Сумма, руб.	1004,24	1853,59	3343,42	3266,84	3057,98	2013,71	1361,04
Итого, руб.	15900,82						

При сравнении двух видов отопления можно заметить, что газовое отопление выгоднее централизованного более чем в 2 раза, но стоит учитывать, что рассматривается только отопление, горячая вода входит в расчет.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Умнякова Н.П., Как сделать дом теплым: справочное пособие / Н.П. Умнякова // М.: Стройиздат. — 1996. — 368 с.
2. Соколов В.А., Котельные установки и их эксплуатация / В.А. Соколов // М.: Издательский центр «Академия». — 2007. — 432с.
3. Тиатор И., Отопительные системы / И.Тиатор // М.: Техносфера — 2006. — 272с.
4. Богословский В.Н., Отопление: Учеб. Для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава // М.: Стройиздат — 1991. — 735с.