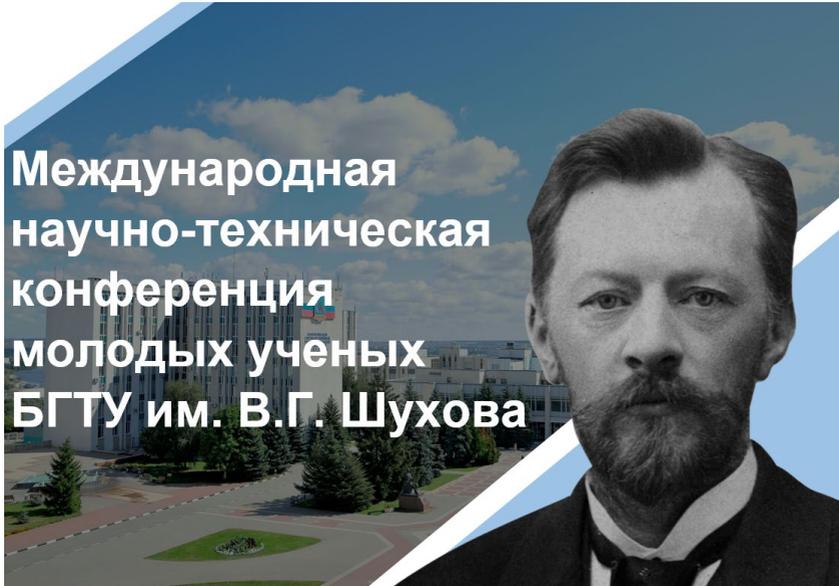


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение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



**Международная  
научно-техническая  
конференция  
молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**Сборник докладов**

**Часть 6**

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

**Белгород  
29-30 мая 2025 г.**

УДК 005.745  
ББК 72.5+74.48  
М 43

**Международная научно-техническая конференция  
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова  
[Электронный ресурс]:**  
М 43  
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 6. – 138 с.

ISBN 978-5-361-01461-3

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. 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+74.48

ISBN 978-5-361-01461-3

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

*Ал-Луаиби Нема Юсиф Ахмед<sup>1</sup>*

*Научный руководитель: Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>г. Басра, Ирак*

*<sup>2</sup>Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, СТРУКТУРНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Прочность бетона является ключевой характеристикой, определяющей его способность сопротивляться механическим нагрузкам и воздействиям внешней среды. Она интегрирует в себе влияние множества факторов, включая состав смеси, условия твердения, структуру материала и наличие дефектов. В данной работе рассматривается прочность как комплексный показатель, отражающий совокупность физико-механических свойств бетона.

Бетон эксплуатируется в различных условиях, которые оказывают на него весьма большое влияние. В нормальных условиях прочность бетона возрастает, в агрессивных - снижается. Нормальная среда – это условия, благоприятные для упрочнения материала. В этом случае говорят о прочности бетона. Агрессивная среда – это условия, разрушающие бетон. В этом случае говорят о морозостойкости и коррозионной стойкости бетона, хотя оценивается его состояние по изменению прочности. Такой подход противоречив и неправомерен. Во всех случаях речь идет о прочности бетона, но работающего в различных условиях: в нормальной, хлорной, щелочной, углекислой, магниальной средах и т.д. Тогда в соответствии с предлагаемой формулировкой прочности бетона следует говорить о способности его сопротивляться разрушению от воздействия внешней нагрузки и (или) окружающей среды (атмосферы, мороза или агрессивной среды), то есть правильнее говорить о прочности бетона в нормальных условиях, в условиях воздействия атмосферы, мороза или агрессивной среды. Критерием оценки состояния бетона при комплексном воздействии на него внутренних и внешних факторов может служить определенная нормируемая прочность, в частности класс бетона при соответствующем коэффициенте вариации прочности, который должен неукоснительно выдерживаться во всех случаях без исключения, какие бы факторы одновременно не действовали на бетон [1, 2].

Прочность бетона характеризует не только его способность

сопротивляться механическим нагрузкам, но и устойчивость к различным деградиационным процессам. Установлена принципиальная аналогия в характере зависимостей между водоцементным отношением (В/Ц) и такими показателями, как морозостойкость, коррозионная стойкость и собственно прочность. Как показывают экспериментальные исследования, уменьшение В/Ц приводит к пропорциональному росту всех указанных характеристик, что свидетельствует об их общей структурной природе [3, 4].

В связи с этим прочность следует рассматривать как универсальный и наиболее объективный критерий для оценки состояния бетона и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в сложных условиях, включая:

- циклическое увлажнение и высушивание;
- попеременное замораживание и оттаивание;
- воздействие химически агрессивных сред различного состава.

Прочность бетона связана с внутренней энергией структуры, которая связывает элементарные частицы материала в единый монолит. Чем больше эта энергия, тем прочнее бетон. Разрушение происходит из-за разрыва химических связей между частицами. Этот процесс протекает постепенно: сначала возникают микротрещины, затем они соединяются и приводят к полному разрушению [5, 6].

Важно подчеркнуть, что именно прочность, в отличие от косвенных показателей, позволяет количественно оценить степень дегградации микроструктуры материала и его остаточный ресурс несущей способности. Данный параметр, будучи нормируемым и контролируемым на всех этапах жизненного цикла конструкции, представляет собой наиболее надежную основу для прогнозирования долговечности бетонных сооружений [5, 6].

Моделирование прочностных характеристик бетона представляет собой сложную междисциплинарную задачу, требующую учета множества факторов – от микроструктурных особенностей материала до условий его эксплуатации. В современной научной практике применяются два принципиально различных, но взаимодополняющих подхода: статистические методы анализа и физико-химическое моделирование.

Для определения прочности бетона применяются:

- разрушающие методы (испытание образцов на сжатие, растяжение, изгиб);
- неразрушающие методы (ультразвуковая диагностика, ударно-импульсный метод).
- математическое моделирование (регрессионные зависимости,

нейросетевые модели) [7, 8].

Современные подходы к прогнозированию прочности бетона можно разделить на три основные группы: эмпирические, физико-математические и методы искусственного интеллекта [9].

Методы искусственного интеллекта набирают популярность благодаря способности анализировать сложные нелинейные зависимости:

- нейронные сети (ИНС): используют данные о составе бетона, условиях твердения и нагрузках для прогнозирования прочности, показывают высокую точность (погрешность менее 5 %);

- методы машинного обучения (Random Forest, XGBoost): позволяют выявлять скрытые закономерности в больших массивах данных, эффективны для оптимизации составов бетонных смесей.

Пример: прогнозирование прочности в реальном времени с помощью датчиков температуры и влажности.

Перспективные направления в области прогнозирования прочности бетона:

- цифровые двойники бетонных конструкций – интеграция данных мониторинга с физическими моделями;

- мультимасштабное моделирование – учет процессов на нано- (C-S-H гель), микро- (трещины) и макроуровне (конструкция);

- использование IoT и Big Data – автоматизированный сбор и анализ данных о состоянии бетона в реальных условиях эксплуатации.

Прочность бетона представляет собой интегральный параметр, зависящий от совокупности технологических, структурных и эксплуатационных факторов. Современные методы исследования позволяют не только оценивать текущие характеристики материала, но и прогнозировать его долговечность. Дальнейшее развитие направлений, связанных с модификацией состава и применением цифровых технологий контроля, способствует повышению точности управления прочностными свойствами бетона.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой, механизм его разрушения и оценка этого процесса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 68-75.

2. Сулейманова Л.А., Амалин П.А. Развитие процессов коррозии железобетона в условиях хлоридной агрессивной среды // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры

строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 131-135.

3. Гладков Д.И., Сулейманов Л.А. Закономерности сопротивления бетона различным разрушающим факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №5. Ч.1. С. 254-262.

4. Гладков Д.И., Сулейманов Л.А. Поведение бетона под нагрузкой и оценка его потенциальных возможностей // В сб.: Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений. Белгород, БелГТАСМ, 1999. С. 13-21.

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

6. 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.

7. Гладков Д.И., Сулейманов Л.А. Прочность – интегральная характеристика бетона // В сб.: Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Р-н/Дону: РГСУ, 2004. Т.2. С. 113-118.

8. Gladkov D.I., Suleimanova L.A., Nesterov A.P. Strengt has an integral haracteristic cofconcrete // Proceedings of the International Conference on Cement Combinations for Durable Concrete 2005 International Congress - Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Sep. "Cement Combinations for Durable Concrete - Proceedings of the International Conference" sponsors: Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Harrison T.A., Newlands M.D., University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. С. 701-707.

9. Сулейманова Л.А., Обайди А.А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 38-46.

10. Черенков А.Ю., Сулейманова Л.А. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 250-255.

11. Римшин В.И., Соловьев А.К., Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Нейросетевое прогнозирование физико-механических характеристик композитных материалов используемых для усиления строительных конструкций // Эксперт: теория и практика. 2023. № 4 (23). С. 101-107.

*Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.*

*Научный руководитель: Сиденко И.В.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ШПУНТОВ ТРУБЧАТЫХ СВАРНЫХ**

Современное строительство сталкивается с множеством вызовов, среди которых особое место занимает необходимость повышения несущей способности конструкций при минимизации затрат на материалы. В условиях ограниченных ресурсов и растущих требований к качеству и безопасности строительных объектов, эффективные конструкции шпунтов трубчатых сварных становятся особенно актуальными. Эти конструкции, обладая высокой прочностью и устойчивостью, могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики зданий и сооружений, а также оптимизировать затраты на их возведение.

Современное строительство предъявляет высокие требования к прочности и долговечности конструкций. Шпунтовые конструкции все чаще находят применение в различных инженерных проектах. Их эффективность обуславливается не только защитой от подмывания и осыпания грунта, но и созданием надежных опор для временных и постоянных сооружений.

Эти конструкции, обладая достаточно высокой прочностью при относительно небольшой массе, становятся незаменимыми в условиях городского строительства и при выполнении сложных гидротехнических работ. Шпунты способны поглощать нагрузки, обеспечивая структурную целостность в сложных и динамичных условиях, таких как изменение уровня грунтовых вод или воздействие водных потоков [1].

Сложности, возникающие при проектировании и использовании шпунтов, требуют постоянных исследований в области новых материалов и технологий. Усовершенствование сварных швов, применение современных способствующих пластифицированию технологий становятся ключевыми аспектами при разработки новых конструкций. Подбор оптимальных форм и размеров шпунтов также играет важную роль, так как это влияет на их функциональную способность и эффективность в конкретных условиях эксплуатации.

Использование программного обеспечения для численного

моделирования позволяет заранее предсказать поведение шпунтов в различных условиях, что значительно снижает риски и затраты на реализацию.

Сравнение различных конструкций и технологий показывает, что применение новых композитных материалов может привести к значительному снижению веса шпунтов при сохранении их прочностных характеристик. Также рассматриваются многослойные конструкции, которые могут улучшить устойчивость к деформациям и продлить срок службы [2].

Часто применяются методы улучшения водоотведения, например, использование дренажных систем, что помогает предотвратить накопление избыточного давления в грунте и уменьшает вероятность разрушения шпунтов. Это особенно актуально при прокладке инфраструктуры в условиях изменяющегося уровня грунтовых вод.

В городском строительстве, где пространство ограничено, трубчатые шпунты часто используются для создания временных ограждений при проведении строительных работ. В одном из проектов по восстановлению исторического здания в центре города, шпунты были применены для предотвращения обрушения соседних конструкций и снижения уровня грунтовых вод. Технология монтажа трубчатых шпунтов в данном случае учитывала особенности старинной конструкции, что позволило сохранить историческую часть здания.

Шпунты также находят свое применение в гидротехнических сооружениях, таких как плотины или насосные станции. В таких проектах критически важно обеспечить водонепроницаемость и устойчивость к потенциальным нагрузкам от водной массы [3]. В одном из примеров использования шпунтов для строительства насосной станции, была разработана оптимальная форма сечения, что позволило уменьшить гидродинамическое сопротивление и улучшить рабочие характеристики устройства.

Разработка и внедрение эффективных конструкций сплошных шпунтов требует комплексного подхода, включающего мультидисциплинарные исследования. Важно учесть не только механические свойства материалов, но и гидрогеологические условия, требования к эксплуатации и экономические аспекты.

В результате, современные технологии проектирования и производства шпунтов обеспечивают надежные и функциональные решения для различных типов строительных проектов. Эффективность таких конструкций зависит от гармоничного сочетания инженеринговых и материальных решений, способствующих повышению устойчивости и долговечности конструкций. Каждая новая

конструкция является шагом к более безопасным и экономически оправданным решениям в области гражданского строительства и архитектуры.

Технологии сварных трубчатых шпунтов всё чаще интегрируются с цифровыми решениями, что позволяет оптимизировать процесс проектирования и свести к минимуму риск ошибок. Использование параметрического моделирования в сочетании с методами анализа конечных элементов обеспечивает более точную оценку поведения конструкции под действием внешних нагрузок [4]. Это содействует минимизации веса изделий и уменьшению количества материалов, сохраняя при этом высокие эксплуатационные характеристики.

Важным направлением является применение устойчивых к коррозии материалов и антикоррозийных покрытий. Использование высококачественных сплавов и защитных систем значительно увеличивает срок службы конструкций шпунтов. Этот аспект становится ключевым при проектировании в условиях агрессивной среды, например, на строительных площадках рядом с водоемами или в условиях повышенной влажности.

Будущее развитие технологий шпунтов также требует внимания. С учетом современных тенденций в строительстве, таких как использование новых материалов и технологий, можно ожидать появления более эффективных и экономичных решений. Интеграция знаний о шпунтах, полученных в ходе данного исследования, может стать основой для дальнейших разработок и внедрения инновационных подходов в строительную практику.

Высока важность конструкций шпунтов трубчатых сварных в современном строительстве. Разработка и применение таких конструкций не только способствует оптимизации строительных технологий, но и позволяет решать актуальные задачи, стоящие перед отраслью. В заключение, можно сказать, что дальнейшие исследования в этой области имеют большой потенциал и могут привести к значительным улучшениям в качестве и экономичности строительных проектов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Иванов И.П. Исследование прочности шпунтовых трубчатых конструкций // Трубопроводный транспорт, 2021. №3. С.34-40.
2. Петрова Е.В. Проектирование шпунтовых стен: Практика и опыт // Строительное дело, 2020. №4. С.11-17.
3. Громов Д.Е. Эффективные методы защиты трубчатых

конструкций от коррозии // Оборудование и материалы для строительства, 2021. №1. С.31-36.

4. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**УДК 69.003**

***Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.***

***Научный руководитель: Сиденко И.В.***

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

### **СИСТЕМА «COOL BRICK»**

Система «Cool Brick» основана на принципе Muscatese Evaporative, который использует процесс испарения для снижения температуры воздуха. Важным элементом данной системы являются пористые керамические кирпичи, созданные с использованием 3D-печати. Эти кирпичи обладают уникальной губчатой структурой и микропорами, что позволяет им эффективно впитывать воду и использовать её для охлаждения окружающего воздуха. Данная технология не только снижает температуру в помещениях, но и способствует поддержанию оптимального микроклимата, что делает её особенно привлекательной для использования в условиях высоких температур [1].

Пассивное охлаждение стало важной частью разработки энергоэффективных систем, особенно в условиях изменяющегося климата, где повышение температур требует инновационных подходов. В отличие от активных методов, таких как кондиционирование воздуха, пассивное охлаждение использует естественные процессы для снижения температуры, минимизируя потребление энергии.

Одной из основополагающих технологий являются системы, использующие теплообмен. Эти системы могут применять различные принципы, такие как конвекция, излучение и водяное испарение. Направление теплого воздуха через охлажденные поверхности или материалов обеспечивает более низкие температуры. Важно отметить, что для эффективной работы таких систем критичен выбор материалов, позволяющих быстро поглощать и отводить тепло.

Испарительное охлаждение представляет собой особой категорией пассивных технологий[2]. Это процесс, в котором вода, испаряясь, поглощает тепло из окружающей среды. Хотя данный метод имеет свои ограничения, он широко используется в регионах с высокой влажностью и температурами. Применение водопропускных структур,

таких как пористые кирпичи[3], позволяет улучшить результирующий эффект, благодаря увеличению площади испарения. Обзор технологий пассивного охлаждения

Практическое применение технологий пассивного охлаждения уже активно используется. Основные цели этих направлений заключаются в снижении потребления энергии и создании комфортного микроклимата. Благодаря многофункциональности и экономической целесообразности такие системы приобретают популярность как в жилых, так и в коммерческих проектах.

Одной из основополагающих технологий являются системы, использующие теплообмен. Эти системы могут применять различные принципы, такие как конвекция, излучение и водяное испарение. Направление теплого воздуха через охлажденные поверхности или материалов обеспечивает более низкие температуры. Важно отметить, что для эффективной работы таких систем критичен выбор материалов, позволяющих быстро поглощать и отводить тепло.

Система «Cool Brick» предлагает ряд преимуществ, которые делают ее привлекательной для различных климатических условий и типов строений. Одним из главных достоинств этой технологии является её экологичность. Используя естественные процессы охлаждения, система снижает потребление электроэнергии, что позволяет уменьшить углеродный след зданий. Это особенно актуально в условиях глобального потепления, когда необходимость сокращения выбросов углей и свинца становится приоритетной задачей.

Ещё одним значительным преимуществом является долговечность и низкие эксплуатационные расходы. Прочные материалы, используемые в конструкции пористых кирпичей, обеспечивают надежность системы на протяжении многих лет. Поскольку система не требует активного механического обслуживания, содержание системы включает только периодический визуальный осмотр и очистку от загрязнений, что существенно снижает затраты на техобслуживание.

Система также обеспечивает эффективное распределение температур внутри зданий. Охлаждающий эффект, создаваемый за счет испарения влаги, приводит к созданию более комфортного микроклимата без резких перепадов температуры. Это особенно важно для помещений, где требуется поддержание определенного температурного режима, недвижимости, наличие системы «Cool Brick» может стать привлекательным фактором для покупателей и арендаторов. Качества, такие как энергоэффективность, низкие эксплуатационные расходы и улучшенный микроклимат, являются весомыми аргументами для выбора именно такого варианта при оценке

объектов недвижимости[4].

В условиях глобального потепления и увеличения среднегодовых температур, традиционные методы охлаждения, такие как кондиционеры и вентиляторы, становятся не только менее эффективными, но и наносят вред окружающей среде. Система «Cool Brick» представляет собой альтернативу, которая не только снижает температуру в помещениях, но и делает это с минимальным воздействием на природу.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Иванов С.А. Инновационные системы в обучении: опыт применения на практике // Современные педагогические технологии. 2021. № 3. С. 15–22.

2. Сидорова Т.И. Психология игровых технологий в образовании // Научный вестник педагогики. 2020. № 2. С. 55–62.

3. Петрова М.Е. Система «Cool Brick» как инструмент развития креативности у детей // Журнал педагогических исследований. 2022. Т. 14, № 1. С. 34–40.

4. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

*УДК 697.92*

*Войтенко Д.С.*

*Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА БАЗЕ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

Эффективность учебного процесса в школах во многом зависит от микроклимата помещений, который оказывает значительное влияние на психофизическое состояние учащихся и, как следствие, на результативность занятий.

Многие государственные образовательные учреждения, включая школы и вузы, столкнулись с требованиями Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». Согласно этому документу, начиная с 2010 года, расходы на энергоресурсы должны ежегодно сокращаться на 3% [1].

Первые несколько лет экономии электроэнергии можно было достичь за счет отключения части осветительных приборов в рекреационных зонах (коридорах, холлах, местах отдыха). Однако сейчас таких мер недостаточно – требуются более радикальные технические решения [2].

Российские школы обладают значительными резервами для повышения энергоэффективности. Учреждения бюджетной сферы, в особенности общеобразовательные, расходуют порядка 15% от общего объема электроэнергии и примерно 30% тепловой энергии, производимой в стране.

Большое количество зданий до сих пор недостаточно приспособлены к климатическим особенностям своих регионов. Их проектирование зачастую не учитывало природные факторы, из-за чего поддержание комфортного микроклимата возможно лишь за счет энергоемких инженерных систем. Значительные объемы ресурсов тратятся на дополнительный обогрев в холодный период и кондиционирование в жаркое время года.

Во многих образовательных учреждениях искусственное освещение и система принудительной вентиляции работают непрерывно, обеспечивая постоянный воздухообмен в помещениях. Современные строительные технологии предусматривают активное использование естественных факторов для формирования комфортной внутренней среды, которая сохраняет благоприятные условия в любое время суток и вне зависимости от сезона. Грамотное архитектурное проектирование с учетом климатических особенностей региона позволяет минимизировать или полностью исключить энергозатраты на поддержание температурного режима.

При проведении реконструкции школьных зданий особое внимание следует уделять оптимизации параметров внутренней среды. Для эффективного решения этой задачи необходимо учитывать физиологические потребности учащихся, проводить тщательный анализ существующих условий и разрабатывать комплекс мер по их совершенствованию.

Комплексные решения в проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха для учебных заведений требуют учета множества факторов, включая санитарно-гигиенические нормы, энергоэффективность, комфорт и безопасность.

**1. Основные требования к системам вентиляции и кондиционирования в учебных заведениях:**

*Соблюдение нормативов* (СП 60.13330, СанПиН 1.2.3685-21, ГОСТ 30494-2011):

- воздухообмен: 20–40 м<sup>3</sup>/ч на человека (в зависимости от типа помещения).
- уровень шума: не более 35–40 дБ(А) в учебных помещениях.
- поддержание температуры: 18–24°С (зимой), 20–26°С (летом).
- концентрация СО<sub>2</sub>: не более 800–1000 ppm [6-7].

**Энергоэффективность** (минимизация затрат на эксплуатацию).

**Гибкость управления** (возможность зонирования и автоматического регулирования).

**Надежность и безопасность** (минимизация риска распространения инфекций, противопожарные меры).

## **2. Варианты систем вентиляции и кондиционирования**

### ***Приточная вентиляция с механическим побуждением***

Система применяется для учебных классов, аудиторий, спортзалов.

К особенностям можно отнести: приточные установки с рекуперацией тепла (КПД до 80%); фильтрация воздуха (минимум G4 + F7 для защиты от пыли и аллергенов); каналные нагреватели (водяные или электрические для подогрева зимой); автоматика с датчиками СО<sub>2</sub> и влажности [4-5].

### ***Вытяжная вентиляция***

Система применяется в санузлах, лабораториях, столовых.

Особенностями являются: отдельные вытяжные системы для помещений с загрязненным воздухом; регулируемая производительность (VAV-системы).

### ***Комбинированные системы (приточно-вытяжные с рекуперацией)***

К преимуществам данных систем можно отнести энергосбережение за счет утилизации тепла и поддержание баланса воздухообмена.

### ***Системы кондиционирования***

Варианты: каналные кондиционеры (скрытый монтаж, интеграция с вентиляцией); VRF-системы (гибкость зонирования, высокая энергоэффективность); фанкойлы + чиллеры (для крупных учебных корпусов); прецизионные кондиционеры (для серверных и лабораторий).

## **3. Особенности проектирования для разных помещений (Табл.).**

Таблица – Специфика для разных видов помещений [3]

Помещение	Рекомендуемая система	Особенности
Учебные классы	Приточно-вытяжная с рекуперацией + VRF	Датчики CO <sub>2</sub> , низкий уровень шума
Спортивные залы	Приточная вентиляция + охлаждение	Усиленный воздухообмен (до 60 м <sup>3</sup> /ч на чел.)
Актовые залы	VRF-система + приточно-вытяжная вентиляция	Регулировка по расписанию мероприятий
Библиотеки	Канальные кондиционеры с фильтрацией	Поддержание стабильной влажности (40–60%)
Лаборатории	Вытяжные зонты + приток с подпором	Защита от вредных веществ (локальные вытяжки)
Столовые	Вытяжка над плитами + общеобменная вентиляция	Удаление запахов, терморегуляция

#### 4. Автоматизация и управление

- системы BMS (Building Management System) для централизованного контроля.
- датчики CO<sub>2</sub>, температуры, влажности – автоматическая корректировка режимов.
- сценарии работы (дневной/ночной режим, каникулярный период).

#### 5. Энергоэффективные решения

- рекуперация тепла (пластинчатые, роторные рекуператоры).
- использование естественной вентиляции (в переходные периоды).
- солнечные батареи для питания вентиляционных установок.

#### 6. Акустический комфорт

- шумоглушители в воздуховодах.
- вибрационные изоляторы для оборудования.
- подбор вентиляторов с низким уровнем шума.

#### 7. Противопожарные меры

- огнезадерживающие клапаны в воздуховодах.
- системы дымоудаления (для коридоров и атриумов).

Таким образом, проектирование систем кондиционирования и вентиляции для учебных заведений требует комплексного подхода, учитывающего санитарные нормы, комфорт и энергоэффективность.

Оптимальным решением часто является комбинация приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией и VRF-систем, управляемых интеллектуальной автоматикой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корневская Е.И., Константинова В.Е., Кальманович Ф.Л., Володина Н.И. Басова О.И. Некоторые гигиенические вопросы вентиляции и отопления школьных зданий.- «Гигиена и санитария», 1965, № 1.

2. Недева В.В. Микроклимат классных помещений и тепловое состояние детей в школах с различными ограждающими конструкциями.- «Гигиена и санитария», 1966, № 11.

3. Ильина Т.Н., Колесников М.С., Крюков И.В. // О комплексных системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях торговых центров. Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 4. С. 39-47.

4. cyberleninka.ru: научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2012. - URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный.

5. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 15.05.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный.

6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

7. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

## УДК 69

*Гребеник А.А.*

*Научный руководитель: Амелин П.А., ст. преп.*

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

## ВІМ В РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ

Современная архитектурная практика и градостроительное проектирование все более остро сталкиваются с необходимостью сохранения и переосмысления существующего фонда зданий. В

условиях стремительного роста урбанизации и ограниченности свободных территорий для нового строительства, задачи реконструкции и реставрации объектов приобретают стратегическое значение. В связи с этим особую значимость приобретает внедрение технологий информационного моделирования зданий (BIM), способствующих повышению эффективности проектно-строительных работ на всех этапах жизненного цикла объекта.

В отличие от проектирования нового строительства, реконструкция требует учета существующих конструктивных и инженерных характеристик здания, а также анализа его физико-технического состояния и возможных ограничений, обусловленных историко-культурной ценностью объекта. Одним из ключевых этапов в этом процессе становится формирование достоверной информационной модели, отражающей фактическое состояние объекта. Для этих целей применяется технология Scan-to-BIM, основанная на использовании лазерного 3D-сканирования (рис. 1) и последующей трансформации облака точек в структурированную цифровую модель. Данный подход позволяет воспроизвести с высокой точностью геометрию объекта, состояние строительных элементов и специфику применённых материалов.

Информационное моделирование в контексте реконструкции выполняет не только проектную функцию, но и служит инструментом анализа технического состояния, планирования строительных мероприятий, логистики ресурсов, а также прогнозирования поведенческих сценариев объекта в различных эксплуатационных условиях. Помимо проектирования и ведения работ на строительной площадке, технологии информационного моделирования используются и в производстве строительных материалов [1]. Все это делает цифровую модель системообразующим элементом, интегрирующим проектную, инженерную и управленческую деятельность. На практике это выражается, в частности, в возможности точного планирования последовательности демонтажных и монтажных работ, что особенно важно при работе в условиях плотной городской застройки или вблизи действующих объектов.

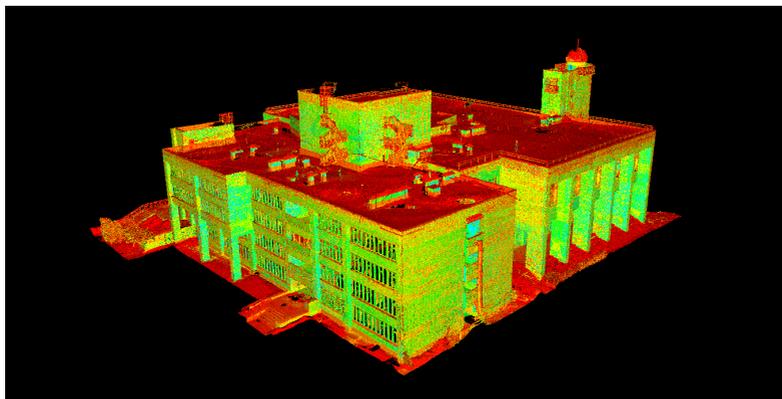


Рис. 1. Облако точек лазерного сканирования

К числу ключевых преимуществ использования BIM-технологий в реставрации и реконструкции можно отнести минимизацию проектных противоречий за счет автоматизированной координации между смежными разделами, а также улучшение коммуникации между архитекторами, инженерами, реставраторами, техническими заказчиками и контролирующими органами [2]. Своевременная корректировка ошибок дает существенную экономию времени и средств при разработке документации и возведении инвестиционно-строительного проекта [3]. В контексте реставрации объектов культурного наследия, где каждый архитектурный элемент может обладать художественной или исторической ценностью, координация всех участников процесса имеет критическое значение.

Цифровая модель здания (рис. 2) также предоставляет возможность выполнения энергоаудита, проведения инженерного анализа, оценки эксплуатационных рисков и обоснования наиболее рациональных сценариев модернизации. Кроме того, в рамках практической реализации проектов с применением BIM возможно использование виртуальной и дополненной реальности для представления будущего состояния объекта заказчику или общественности [4]. Это повышает прозрачность проектных решений и способствует согласованию со всеми заинтересованными сторонами. Также практикуется внедрение BIM-моделей в системы управления эксплуатацией здания (FM-системы), что обеспечивает долговременную пользу даже после завершения строительных работ.

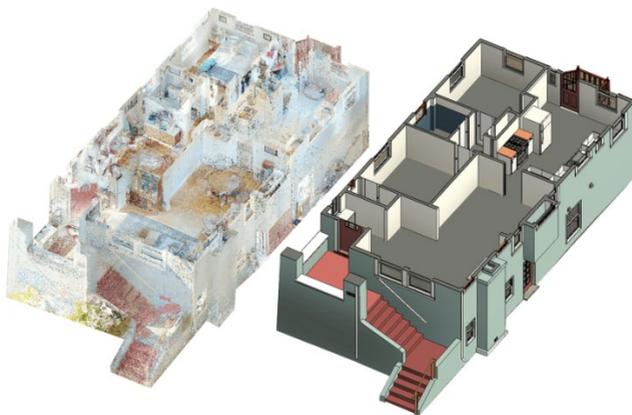


Рис. 2. Цифровая модель реставрируемого объекта

Показательным примером успешной интеграции BIM-технологий в реконструкционные проекты является восстановление Дома Наркомфина в Москве. В рамках реализации проекта была разработана высокоточная цифровая модель, включающая конструктивные особенности здания и его архитектурные детали, что обеспечило эффективную координацию и высокое качество реставрационных работ [5]. Дополнительно, данная модель использовалась в процессе согласования с органами охраны памятников архитектуры, что значительно ускорило бюрократические процедуры.

В международной практике заслуживает внимания проект реконструкции оперного театра в Осло (Норвегия), где BIM-моделирование использовалось на всех стадиях – от анализа состояния конструкций до логистики и сохранения оригинального фасада. В рамках проекта применялись инструменты визуализации и моделирования строительной последовательности, что позволило минимизировать риски при транспортировке и установке декоративных элементов. В Нидерландах активно применяется технология Scan-to-BIM при комплексной реконструкции исторических кварталов, что позволяет интегрировать объекты прошлого в современную городскую ткань без утраты архитектурной аутентичности.

Несмотря на достоинства, внедрение BIM в практику реконструкции и реставрации сопряжено с рядом объективных затруднений. Во-первых, формирование цифровой модели на основе существующего объекта требует значительных временных, технических и финансовых ресурсов. В большинстве случаев

отсутствует оригинальная проектная документация, а конструктивные особенности здания становятся известны только в результате вскрытия и обследования.

Во-вторых, используемые программные решения зачастую не предусматривают работу с уникальными, нестандартизированными элементами, характерными для исторических объектов. Это требует значительного ручного труда при создании элементов модели, снижает эффективность автоматизированных процессов и увеличивает продолжительность проектирования.

Дополнительным барьером выступает дефицит квалифицированных специалистов, обладающих необходимыми компетенциями в сфере BIM-моделирования с учётом специфики реставрации. Образовательные программы, как правило, ориентированы на новое строительство и требуют адаптации под задачи реконструкции [6].

**Заключение.** На данном этапе BIM представляет собой перспективный инструмент, способный качественно трансформировать практику реконструкции и реставрации зданий. В ближайшей перспективе ожидается развитие технологий фотограмметрии, сканирования, а также интеграция искусственного интеллекта в процессы анализа и обработки данных, что позволит автоматизировать ряд ключевых этапов проектирования и повысить точность цифровых моделей. Повышение точности и детализации позволит проводить сложные расчёты устойчивости конструкций, а также точечное моделирование узлов при работе с аварийными участками.

Существенным условием эффективного внедрения BIM в реставрационную практику в России является формирование нормативной базы, адаптированной под специфику объектов культурного наследия, а также развитие образовательных программ, ориентированных на междисциплинарную подготовку специалистов [7].

Таким образом, информационное моделирование зданий становится не только эффективным техническим решением, но и важным элементом культурной политики, направленной на сохранение и рациональное использование архитектурного наследия в условиях устойчивого развития.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве

с помощью BIM-технологий // Международная научно-практическая конференция "Наука и инновации в строительстве" - Белгород, 2020 С. 121-127.

2. Козлова Л. В. Информационное моделирование в реставрации // Архитектон: известия вузов. — 2021. — № 1 (73). — С. 115–121.

3. Амелин П. А. Проектирование архитектурно-конструктивной и аналитической BIM-модели здания / П. А. Амелин // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. - С. 746.

4. Чижевская Е. П., Савченко А. В. Использование BIM в реконструкции объектов культурного наследия // Вестник МГСУ. — 2020. — № 4. — С. 82–83.

5. Колесников И. Реставрация дома Наркомфина: опыт и технологии // Архитектура и строительство Москвы. — 2020. — № 6. — 18 с.

6. Котляров А. М. Проблемы подготовки специалистов по BIM-моделированию // Высшее образование в России. — 2021. — № 11. — С. 47.

7. Яковлева Н. А. Развитие нормативной базы для внедрения BIM в реставрации // Проектирование и строительство. — 2022. — № 3. — 69 с.

**УДК 332.812.12**

**Гуров Ф.В.**

**Научный руководитель: Баженова О.О., ст. преп.**

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

## **АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Анализ технической документации жилых зданий позволяет глубже понять особенности градостроительства: подхода: к обустройству быта, архитектурные тенденции и строительные технологии различных исторических эпох. В контексте советского периода, три ключевые эпохи сталинская, хрущёвская и брежневская представляют особый интерес, так как каждая из них отличается от предыдущей и последующей, а также связана с уникальными подходами к проектированию и строительству жилья, обусловленными

социально-экономическими условиями и государственными приоритетами.

Технические паспорта жилых домов являются важным источником информации, отражающим параметры зданий, материалы, используемые в строительстве, инженерные коммуникации, а также стандарты качества, принятые в разные периоды. Исследование этих документов помогает выявить изменения в подходах к проектированию, оценить эволюцию строительных норм и понять, каким образом государственная политика в области жилья влияла на жилищный фонд.

Сталинская эпоха характеризовалась акцентом на монументальность и высокое качество строительства, что нашло отражение в архитектуре зданий и используемых материалах. Хрущёвский период ознаменовался массовым переходом к индустриальным методам строительства и унификации архитектурных решений с целью ликвидации жилищного кризиса. В брежневский период основное внимание уделялось стандартизации и типизации строительства, что позволило существенно увеличить объёмы строительства, но также привело к снижению индивидуальности архитектурных решений.

В статье приведен анализ архитектурной ценности жилых домов, построенных в указанные эпохи. Основной целью исследования является выявление ключевых изменений в проектировании и строительстве жилья, а также оценка их влияния на современный жилой фонд. Результаты данного анализа могут быть полезны для реконструкции исторических зданий, оценки культурного наследия и разработки новых подходов к строительству жилых объектов.

Активная застройка Белгорода началась в 1930-х годах. До 1960-х годов центр города застраивался типовыми сериями сталинской эпохи, например - 2-х этажные дома серии 1-228-4, которые возводились для сотрудников завода Энергомаш (рис. 1). В этой серии предусматривалось два вида отопления - централизованное и печное. Из-за последнего страдала квадратура, жилая площадь дома сокращалась с 415 м<sup>2</sup> до 402 м<sup>2</sup>. Высота потолков составляла 2,83 м. Для улучшения экстерьера в некоторых домах серии присутствуют эркеры.



Рис. 1. Паспорт дома серии 1-228-4

Перекрытия в таких домах преимущественно деревянные, а из-за отсутствия капитального ремонта привели к тому, что дома данной серии признаны аварийными и подлежат сносу. На их месте возводятся новые дома повышенной этажности (рис. 2.1 - 2.2). Однако не все дома того периода подлежат сносу и увидеть их можно только на фотохрониках Белгородских улиц. Для партийной номенклатуры и разнообразного начальства возводились дома этажностью в 4-5 этажей.

Пример - дом на улице 50-летия Белгородской области 6, где с 1956 по 1988 проживал заместитель председателя Белгородского облисполкома - Набережных Алексей Петрович. В большинстве домов этой эпохи предусмотрены подвалы-убежища на случай войны. Например, в доме по вышеуказанному адресу у каждой квартиры есть своя кладовая комната в общем подвале, а глубина у него такова, что он может служить убежищем. Данные дома могут при должном уходе и регулярном капитальном ремонте стать элитной недвижимостью, представляющей архитектурную ценность.



Рис 2.1. Дом серии 1-228-4 до сноса

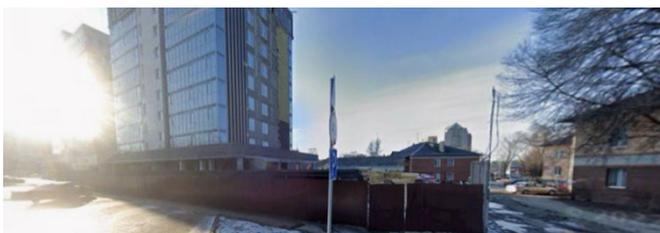


Рис 2.2. Это же место в марте 2021 г.

Они имели централизованное отопление, но при этом перекрытия оставались деревянными. Эти дома и сейчас украшают центр Белгорода, считаясь престижным жильем. В большинстве таких домов проведен капитальный ремонт с полной заменой перекрытий и коммуникаций.

В 1955 году было издано - Постановления № 1871 ЦК КПСС и СМ СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве». После этого жилищное строительство стало вестись по типовым проектам, которые были рассчитаны не на эстетику, а на простоту. В Белгороде присутствует внушающее количество домов той эпохи. Самыми распространёнными являются 1-464 и 1-447.

Дома этих серий строились как в обжитых районах (Черемушки), так и в новом «спальном районе» - на Харьковской горе. Из двух вышеуказанных серий явным фаворитом по количеству домов является - 1-447. Её можно узнать по необлицованным внешним кирпичным стенам. Главным преимуществом серии является материал стен - кирпич, он обеспечивает высокую тепло- и шумоизоляцию. Так же благодаря конструкции дома в квартирах можно проводить перепланировку (Рис. 3). Недостатками же являются - смежные комнаты, маленькая квадратура (от 28 м<sup>2</sup> до 58 м<sup>2</sup>) и низкие потолки (2,5 м).

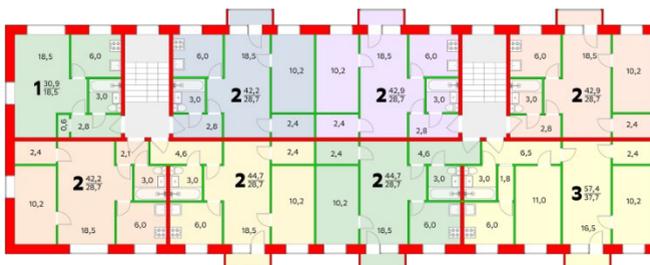


Рис. 3. План этажа серии 1-447 (красным выделены несущие стены)

Серия 1-464 может похвастаться большим количеством 3-х комнатных квартир, практически 100% вероятностью наличия в квартире балкона. Однако и минусов достаточно - из-за того, что серия строилась из панелей, дома имеют слабую тепло- и шумоизоляцию. Так же из-за конструкции дома невозможна перепланировка (внутренние стены - несущие) (Рис. 4). Присутствуют и стандартные проблемы типовых серий хрущевской эпохи - маленькая квадратура и низкие потолки.



Рис.4. План этажа серии 1-464 (красным выделены несущие стены)

Начиная с 1970-х годов в Белгороде начали появляться дома повышенной этажности (9 и более). Ими активно застраивали Харьковскую гору, главный спальный район города, а также Левобережный район. Новые дома выгодно отличались от «хрущевок» большей квадратурой (от 31 до 78 м<sup>2</sup>), отсутствием проходных комнат и наличием в доме лифта. Основной серией среди девятиэтажной застройки стала 91 серия жилых домов (Рис. 5).

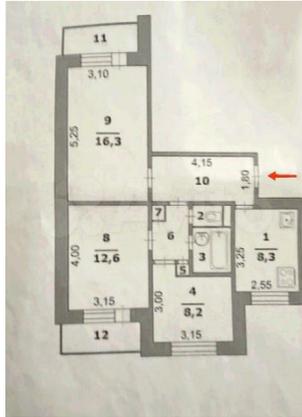


Рис. 5. Планировка 3-х комнатной квартиры в доме 91-й серии

С 1990-х годов в Белгороде стали возводиться дома по индивидуальным проектам. Например, дом по просп. Славы, 43; или же дом на ул. Левобережная, 24А. Отличительными особенностями таких домов является - малая этажность (обычно от 5 до 8 этажей), наличие одного или нескольких лифтов и некоторые особенности планировки (например второй этаж или два санузла). Однако типовое строительство не умерло, дома 91 серии строились вплоть до 2000-х годов в различных районах города.

В рамках данного исследования были проанализированы планировки и основные преимущества и недостатки типовых серий домов, что позволило получить представление о характеристиках различных типов жилья. Однако для более глубокого понимания предпочтений жильцов необходимо рассмотреть, в домах каких периодов постройки они предпочитают жить.

В 2018 году была проведён анализ рынка и комфорта жилой недвижимости в Белгороде. На основании полученных данных была составлена карта спроса и цен за 1 м<sup>2</sup> города Белгорода (Рис. 6).

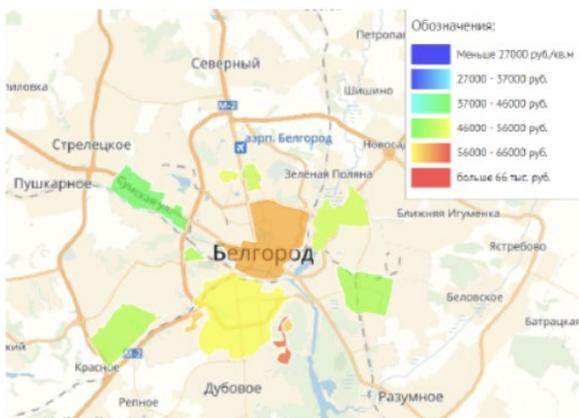


Рис. 6. Карта спроса и цен за 1 м2 на момент 2018 г.

Вышеприложенная карта и результаты анализа дают понять, что самыми желанными являются дома сталинского и брежневского периодов постройки. «Сталинки» рассматривают как элитную недвижимость из-за квадратуры и расположения. Дома этого периода находятся в самом сердце города, вблизи всех органов. Квартиры в таких домах в среднем стоят на 1 - 1.5 млн дороже, чем в домах брежневской эпохи. Последние, в свою очередь, тоже очень популярный вариант на вторичном рынке недвижимости. Их выбирают как беспроигрышный вариант. Средний возраст домов этой эпохи 40 лет. Помимо этого, районы в которых находятся эти дома давно обжиты и в них присутствует вся необходимая для жизни инфраструктура. Весомым плюсом является удаление от центра районов с брежневской застройкой. Это спасает от шума, который свойственен для центра города. Коснёмся квартир. Они имеют, как явные преимущества, на фоне квартир в сталинках, так и минусы. Главными плюсами, за которые выбирают эти квартиры, являются изолированные комнаты и хороший размер кухонь, однако в метраже и высоте потолков квартиры уступают сталинкам.

Таким образом, явным аутсайдером симпатий жильцов являются - хрущевки. Причиной тому может послужить и маленькие площади квартир, и возраст домов, и расположение.

Эволюция планировок жилых домов в СССР отражала изменения в государственном подходе к жилищному строительству. Сталинские дома строились с упором на комфорт и качество, но были дорогими и сложными в возведении, поэтому их массовое строительство оказалось нецелесообразным. Хрущёвки стали ответом на острую жилищную

проблему – они позволили быстро переселить миллионы людей из бараков и коммуналок, но в ущерб качеству и удобству. Брежневские дома стали компромиссом: сохранив принцип массового строительства, архитекторы улучшили планировки, увеличили площади и позаботились о более комфортных условиях жизни.

Таким образом, с течением времени подход к проектированию жилых домов менялся от элитарности к массовости, а затем к поиску баланса между экономичностью и удобством.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Недвижимость в Белгороде, Белгородская область [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://www.russianrealty.ru> (дата обращения 5.5.25)
2. Попова В. Ю. Типология жилищного фонда города Белгорода // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2018. — №. 12. — С. 73-82.
3. Разумная Е. А., Абакумов Р. Г., Наумов А. Е. Анализ рынка и комфортности жилой недвижимости в городе Белгороде // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. — Белгород, 2018. — С. 106-112.
4. Росриэлт [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://rosrealt.ru> (дата обращения 5.5.25)
5. Научно-издательский центр ИНФРА - М [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://naukaru.ru> (дата обращения 5.5.25)

УДК 745.51

*Данилова А.Н., Коломиец М.Р.*

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

## УЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ЦИФРОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРКЕТА И РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОГРАММЕ «КОНСТРУКТОР ПАРКЕТА»

Современные тенденции в строительстве и дизайне интерьеров подчеркивают важность применения натуральных материалов [1], среди которых древесина занимает особое место. Паркетные покрытия остаются одним из самых востребованных решений благодаря своей эстетике, экологичности и эксплуатационным характеристикам. Однако, чтобы добиться высокого качества и долговечности таких

покрытий, необходимо учитывать не только художественные аспекты, но и инженерные параметры древесины - её физико-механические свойства. Их учет особенно важен при переходе от ручного к цифровому проектированию, где ошибки в расчетах могут привести к серьезным технологическим проблемам на производстве и эксплуатации готовых изделий.

Древесина — это сложный анизотропный материал, свойства которого зависят от множества факторов: породы дерева, условий произрастания, направления волокон, влажности, температуры и возраста [2]. Среди основных физических свойств древесины, имеющих значение при проектировании паркета, следует выделить плотность, влажность, усадку, набухание, водопоглощение и теплопроводность. Плотность влияет на массу изделия, а значит - на удобство транспортировки и нагрузки на основание. Более плотная древесина, как правило, прочнее и износостойчива, но труднее в обработке и подвержена растрескиванию при неправильной сушке.

Одним из критических факторов является влажность древесины [3]. Древесина - гигроскопичный материал, то есть она способна поглощать и отдавать влагу в зависимости от влажности окружающей среды. Изменение влажности приводит к деформациям: древесина набухает или усыхает, при этом изменяет свои линейные размеры. Это может вызывать появление щелей между паркетными планками или, наоборот, их вздутие. Поэтому при проектировании паркета необходимо закладывать компенсационные припуски и учитывать "рабочую" влажность материала в условиях эксплуатации.

Механические свойства, такие как прочность на изгиб, на сжатие вдоль волокон и модуль упругости, напрямую связаны с надежностью паркетных элементов в эксплуатации [4]. Прочность определяет способность паркета выдерживать вес мебели и нагрузки от перемещения людей. Твердость характеризует устойчивость поверхности к истиранию и механическим повреждениям. Модуль упругости определяет степень деформации при нагрузке: чем он выше, тем жестче и устойчивее изделие. Прочность и износостойкость во многом взаимосвязанные понятия. Поэтому, зачастую по плотности оценивается и износостойкость. Твердость по Бринеллю некоторых пород представлена на рис. 1.

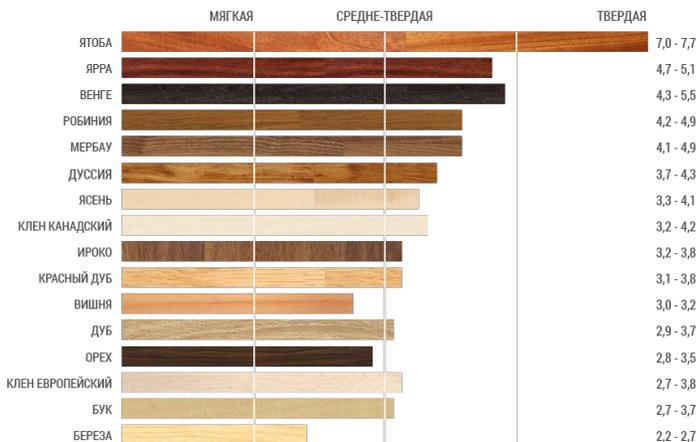


Рис. 1 Твердость древесины по Бринеллю

Анизотропия древесины проявляется в том, что её свойства различаются в продольном, радиальном и тангенциальном направлениях [2]. Например, усадка вдоль волокон минимальна, тогда как в поперечных направлениях она может достигать нескольких процентов. Это также важно учитывать при проектировании узоров паркета, особенно сложных художественных или геометрических композиций. Неправильный расчет направлений волокон может привести к разрушению замков соединения, расслоению или деформации всей конструкции.

Именно по этой причине в рамках проекта "Конструктор паркета" был реализован отдельный модуль, учитывающий физико-механические свойства древесины [5]. Этот модуль интегрирован в архитектуру плагина для платформы "Софт Дизайн" и включает цифровую базу данных пород древесины, снабженную параметрами плотности, влажности, модуля упругости, коэффициентов усадки, прочности и твердости. При выборе конкретной породы пользователь получает не только визуальное представление о текстуре, но и возможность оценить эксплуатационные параметры. Программа автоматически адаптирует проект с учетом поведения материала в заданных климатических условиях и предполагаемой нагрузки.

Дополнительно плагин формирует корректные управляющие коды (G-коды) для фрезерных станков с числовым программным управлением. При этом используются данные о твердости и плотности древесины для выбора глубины и скорости реза, что снижает вероятность повреждения материала и увеличивает точность

обработки. Программа также учитывает тип соединений, характерный для той или иной породы, например, предпочтительность шип-паз или клеевых соединений, учитывая их устойчивость к нагрузкам.

Учет физико-механических характеристик древесины в цифровом проектировании паркета не является вспомогательной функцией — это основа качественного инженерного расчета. Он позволяет проектировать изделия с высокой точностью, адаптированные к реальным условиям эксплуатации, и гарантировать их долговечность. Кроме того, такое программное обеспечение делает технологию доступной не только специалистам, но и широкой аудитории, включая частных пользователей и малые производственные предприятия.

Проект "Конструктор паркета" демонстрирует, как современный подход к проектированию, основанный на инженерных знаниях, может повысить технологическую культуру в отрасли и открыть новые горизонты в цифровом производстве. Применение данных о свойствах древесины в программных решениях позволяет соединить эстетику с инженерной точностью, что особенно важно в условиях высокого спроса на индивидуализированные и качественные напольные покрытия. В результате создается не просто удобный инструмент проектирования, а полноценная интеллектуальная система поддержки решений в деревообработке.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. Тенденции дизайна в формообразовании мебели // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 82-88.

2. Овсянников С. И. Основные древесные породы Российской Федерации и их свойства: учебное пособие для вузов / С. И. Овсянников. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 144 с.

3. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // *Wooden Nano-Composite Materials and Prospects of their Application in Wooden Housing Construction: Materials Science Forum*, 2018. №939. С. 583-588. doi:10.4028/ www.scientific.net/ MSF.931.583

4. Литвинов В.В., Овсянников С.И. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры

Строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгород, 2019. С. 29-33.

5. Официальный сайт программы «Софт Дизайн» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://artparquet.ru> — Дата обращения: 19.05.2025.

6. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. Аспектология использования 3D фрезерования древесины в мебельном производстве // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 56-63.

*УДК 693.54*

*Доронин К.Е.*

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОНОЛИТНЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

На протяжении многих лет в строительстве лидирующим является возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона, за счет возможности создавать архитектурно выразительные застройки. При использовании монолитного бетона интенсивность их твердения влияет на сроки возведения зданий и сооружений. Выполнении бетонных работ при отрицательных температурах окружающей среды приводит к значительным дополнительным расходам, что требует долгосрочного планирования и заблаговременной подготовки для большинства районов России, где зимний период длится более 6 месяцев в году и колебания температуры составляют от +40 °С до –60 °С [1].

При возведении монолитных железобетонных конструкций на стадии разработки проекта в разделе производства бетонных работ отсутствуют четкие организационно-технологические решения при выполнении монолитных работ в зимних условиях. Для качественного выполнения и организации монолитного строительства при отрицательных температурах окружающей среды необходима разработка технологической карты на производство бетонных работ. В организационно-технологические решения зимнего бетонирования необходимо включение технологии и организации выполнения работ,

объема работ, материально-техническое обеспечение, контроль качества, правила охраны труда и техники безопасности. Совершенствование данных решений является эффективной реализацией строительного проекта. Детальный анализ уже существующих методов бетонирования в зимних условиях позволит оптимизировать строительные процессы и результативность возведения зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона [2].

Важным требованием к бетонным работам при отрицательных температурах является обеспечение надежности и долговечности.

В современном строительстве применяется большое количество методов зимнего бетонирования (Рис. 1).

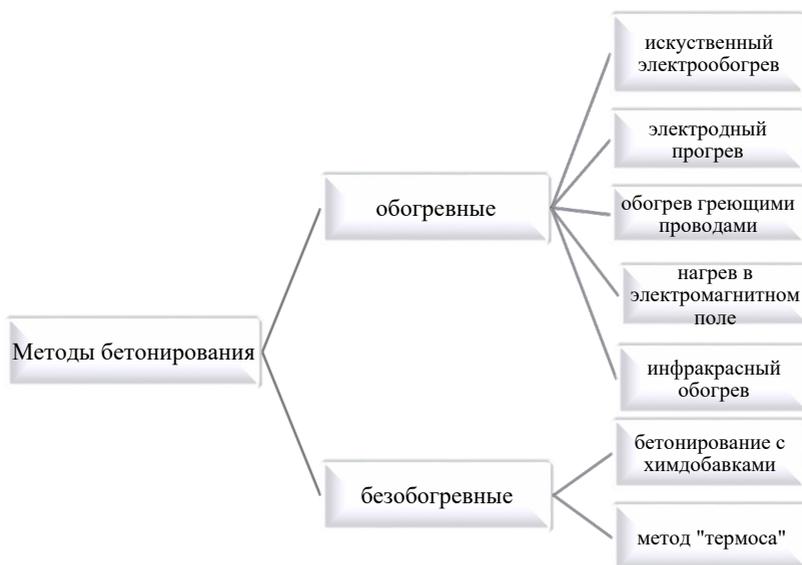


Рис. 1 Методы бетонирования при отрицательных температурах окружающей среды

Применение метода бетонирования зависит от размеров и назначения конструкций, от ожидаемых наружных температур, применяемых цементов, наличия на строительстве источников тепла, химических добавок и теплоизоляционных материалов.

В основе обогревных методов зимнего бетонирования лежит внесение различными способами тепла в бетон для ускорения его твердения, а в безобогревных – снижение температуры замерзания

твердеющего бетона. При производстве монолитных работ при отрицательных температурах получают бетон из подогретых материалов для обеспечения ему положительной температуры при укладке в опалубку, и к защите бетона от мороза теплоизолирующими покрытиями с дополнительным искусственным прогревом.

В связи с этим необходимо с момента понижения температуры наружного воздуха ниже  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и минимальной суточной ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  вести бетонные работы с применением методов бетонирования при отрицательных температурах окружающей среды.

В настоящее время в рамках совершенствования организационно-технологических решений при выполнении монолитных работ целесообразно использование легких бетонов, в частности керамзитобетона. Его применение совместно с химическими добавками позволит быстро и экономично возводить монолитные конструкции различных зданий и сооружений в условиях отрицательной температуры среды. В целях улучшения технологии монолитных работ в зимний период преобладающей становится тенденция использования комплексных добавок, которые позволят обеспечить удобоукладываемость бетонной смеси и конечные физико-механические и деформативные характеристики бетона [3, 4].

Проведены испытания по влиянию комплексной химической добавки на свойства легкого бетона при возведении монолитных конструкций. Расчет оптимального состава легкого бетона производился с использованием метода математического планирования эксперимента. Влияние комплексной химической добавки (фильтрат цитрата кальция, поташ), на кинетику набора прочности керамзитобетона при отрицательной температуре окружающей среды, оценивали по прочности на сжатие через 28 сут твердения при температурах  $+20$ ,  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и через 28 сут твердения в заданных условиях  $+28$  сут в нормальных условиях. Установлено, что керамзитобетон с комплексной химической добавкой быстро твердеет при отрицательных температурах окружающей среды, а после в продолжении 28 суток набирает свою прочность на сжатие. В условиях твердения при отрицательных температурах разработанная добавка позволяет достигать до 90 % от проектной прочности керамзитобетона, в то время как бетон с традиционными противоморозными добавками – 65 %.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов С.А. Зимнее бетонирование и тепловая обработка бетона. -М. :Стройиздат, 1975.-264с.
2. Лапидус А.А. Актуальные проблемы организационно-технологического проектирования // Технология и организация строительного производства.2013. №2(3) – с.1.
3. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы//Строительные материалы, 2006. -№10.- С.8-12.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд. М. :Стройиздат, 1998.-768 с.

*УДК 69.07*

*Еремин В.О.*

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

## ОБЗОР ОСНОВНЫХ СЕЧЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ШПУНТОВ

Шпунтовое ограждение представляет собой конструкцию, предназначенную для предотвращения обрушения грунта на склонах насыпей и выемок. Для этой цели используются различные типы шпунтов, но среди стальных шпунтов наиболее популярны два вида:

1. Шпунт Ларсена
2. Трубчатый

Процесс установки шпунтов может осуществляться несколькими методами:

1. Вибрационным. В этом случае специализированная техника, оснащенная виброголовкой, соединяется со шпунтом. Вибрации, создаваемые оборудованием, уменьшают плотность грунта, что позволяет шпунтам проникать в землю на необходимую глубину. Стоит отметить, что данный метод применяется для песчаных грунтов.

2. Ударным. Здесь сваи вбиваются в грунт с помощью специальной техники, достигая нужной глубины. Этот метод наиболее эффективен в глинистых грунтах

3. Вдавливающим. Если существует риск, что вибрационный и ударный монтаж негативно скажется на местности, то применяется вдавливающий метод погружения шпунтов.

То есть по способу возведения различных шпунтов

принципиальных отличий нет. Также нет значительной разницы и в трудоемкости и машиноемкости каждого метода.

Поэтому сравнивать эти виды шпунтов стоит по конструктивным особенностям и материалоемкости.

Шпунт Ларсена имеет несколько вариантов сечений, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Общее положительное свойство для всех вариантов сечения – при правильном устройстве замкового элемента получается надежная гидроизоляция.

Шпунт в форме буквы «U» с замковыми соединениями по бокам применяется во многих видах работ за счет своей универсальности и жесткости. Шпунт этого сечения прост в монтаже и демонтаже, получил весьма широкое применение. Из недостатков – не очень высокая жесткость, наиболее уязвимое место – место скрепления элементов.

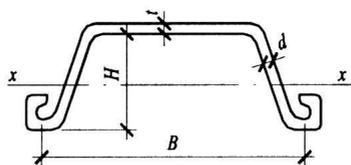


Рис. 1 Шпунт в форме буквы «U»

Шпунт Ларсена с профилем в виде буквы «L» отличается повышенной жесткостью и используется в условиях увеличенных нагрузок, однако он не герметичен и требует дополнительной защиты от воды и грунтовых масс.

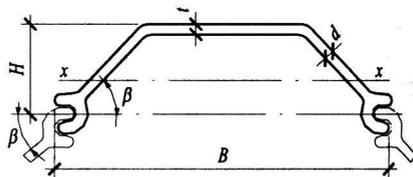


Рис. 2 Шпунт в форме буквы «L»

Замок Ларсена наиболее уязвимое место в шпунте. Поэтому, для уменьшения количества соединений разработан шпунт в форме «Z». Замки расположены на противоположных краях, что позволяет листам перекрывать друг друга и увеличивать устойчивость конструкции к горизонтальным нагрузкам.

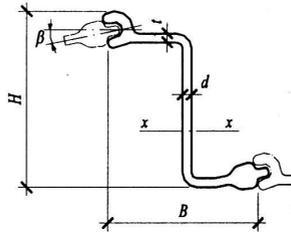


Рис. 3 Шпунт в форме буквы «Z»

Шпунт в виде трубы соединяется с другими трубами через замковые соединения. Трубошпунт очень прочный и применяется для тяжелых конструкций в сложных условиях. Также, стоит добавить, что трубошпунт, в отличие от других вариантов шпунта, позволяет еще повысить свою жесткость (с помощью засыпки песка или грунта внутрь трубы), не изменяя сечения и тем самым не увеличивая сечение и металлоёмкость. Однако трубчатый шпунт отличается высокой стоимостью производства.

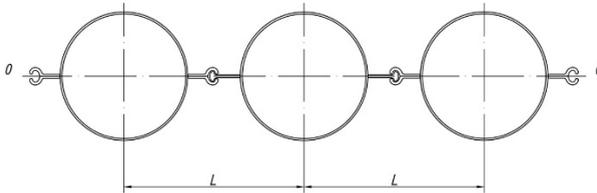


Рис. 4 Шпунт трубчатого сечения

Для примерного понимания какой из шпунтов выгоднее по материалоемкости произведем расчет.

Примем:

1. Грунт 1: песок пылеватый  $\gamma_1 = 20 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi_1 = 28^\circ$ ;  $h = 3 \text{ м}$ .
2. Грунт 2: глина твердая  $\gamma_2 = 21 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi_1 = 14^\circ$ ;  $c = 29,5 \text{ кПа}$ .

1) Коэффициент активного давления грунта в первом слое по формуле

$$\lambda_{a1} = tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}) \quad (1)$$

Получилось значение:  $\lambda_{a1} = 0,36$ .

2) Коэффициент активного давления грунта в втором слое по формуле

$$\lambda_{a2} = tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}) \quad (2)$$

Получилось значение:  $\lambda_{a1}=0,61$ .

3) Активное давление грунта на стенку на уровне поверхности от равномерно распределенной нагрузки ( $z_1=0$ ):

$$\sigma_{a1} = q\lambda_{a1} + \gamma_1 z_1 \lambda_{a1} - 2c_1 \sqrt{\lambda_{a1}} \quad (3)$$

Результат вычисления  $\sigma_{a1}=3,61$  кПа.

4) Активное давление грунта на стенку в основании первого слоя ( $z_1=3$ ):

$$\sigma_{a2} = q\lambda_{a1} + \gamma_1 z_2 \lambda_{a1} - 2c_1 \sqrt{\lambda_{a1}} \quad (4)$$

Результат вычисления  $\sigma_{a1}=25,27$  кПа.

5) Активное давление грунта на стенку на кровле 2 слоя ( $z_3=3$ ):

$$\sigma_{a3} = q\lambda_{a2} + \gamma_2 z_{21} \lambda_{a2} \quad (5)$$

Результат вычисления  $\sigma_{a3}=25,27$  кПа.

6) Активное давление грунта на стенку на глубине заделки h:

$$\sigma_{a4} = q\lambda_{a2} + \gamma_2 h \lambda_{a2} = 6,1 + 12,81h \quad (6)$$

Результат вычисления  $\sigma_{a4}=25,27$  кПа.

7) Составляющая давления глины на кровле 2 слоя за счет сцепления:

$$\sigma_{a5} = -2c_2 \sqrt{\lambda_{a2}} \quad (7)$$

Результат вычисления  $\sigma_{a5}= -46,08$  кПа.

Для определения значений пассивного давления грунта каждого слоя нам нужны коэффициенты:  $k_1$  – зависит от материала стенки и угла внутреннего трения грунта ( $k_1=1,4$ ).

Затем определяем коэффициент пассивного давления грунта во втором слое:

$$\lambda_p = ktg^2(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}) \quad (8)$$

Получили значение  $\lambda_p=2,29$ .

С учетом двух этих коэффициентов вычисляются значения: пассивного давления грунта на стенку на уровне дна котлована ( $\sigma_{p1} = 89,34$  кПа), пассивное давление грунта на стенку на глубине  $z=h$  ( $\sigma_{p2} = 48,15h + 89,34$  кПа).

Далее, уже используя все полученные значения активного и пассивного давления грунта, необходимо вычислить результирующие силы, которые пойдут в уравнение (9):

$$T_1 H_1 + T_2 H_2 + (T_3 - T_4) H_3 = 0 \quad (9)$$

Подставив известные значения в формулу (9), находим значение заглубления шпунта  $h=1,55$  м.

И в конце, для окончательного подбора сечения шпунта, необходимо определить значение максимального момента. И уже зная глубину, максимальный момент, возможно подобрать то или иное

сечение, которое будет наиболее выгодно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко, В. В. Устойчивость армированных грунтов в отвалах, насыпях и подпорных стенах / В. В. Кочерженко, А. Г. Сулейманов // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 29 апреля 2019 года. Том Часть 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 51-59.

2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 970/пр: дата введения 17-06-2017. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 286 с.

3. Насонов С.Б. Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций. В помощь проектировщику. 6-е издание. М: Издательство АСВ, 2021.- 816 с.

4. Цернант, А. А. Эффективные конструкции шпунтов трубчатых сварных – опыт и перспективы применения в строительстве / А. А. Цернант, Н. А. Ефремов, В. В. Гончаров // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2013. – № 2(169). – С. 29-32.

*Иванов К.И.*

*Научный руководитель: Ванькова Т.Е. ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ**

Современные строительные конструкции подвергаются значительным нагрузкам, что требует регулярного мониторинга их состояния. Неразрушающий контроль (НК) позволяет оценивать технические характеристики объектов без нарушения их целостности. Среди наиболее перспективных методов НК выделяются ультразвуковая диагностика, инфракрасная термография и радиоволновой анализ. Эти технологии обеспечивают высокую точность, оперативность и безопасность обследования.

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля.

Ультразвуковой метод является одним из наиболее распространенных и надежных способов диагностики строительных конструкций. Его физическая основа заключается в способности высокочастотных акустических волн (обычно в диапазоне 20 кГц – 1 МГц) распространяться в твердых средах, отражаясь от границ раздела материалов и внутренних дефектов. Принцип работы ультразвукового контроля базируется на измерении времени прохождения импульса через материал, а также анализе изменений его амплитуды и формы.

В основе метода лежит пьезоэлектрический эффект, используемый в преобразователях. При подаче электрического импульса пьезокристалл генерирует ультразвуковую волну, которая проходит через исследуемый материал. Если на пути волны встречается дефект (трещина, полость, расслоение), часть энергии отражается, а часть продолжает распространяться дальше. Приемный датчик фиксирует отраженный сигнал, и по времени его задержки определяется глубина залегания дефекта. [1]

Для точных измерений важно обеспечить акустический контакт между датчиком и поверхностью конструкции. В случае шероховатых или пористых материалов (например, бетона) применяются специальные контактные жидкости или гелевые составы, уменьшающие потери сигнала. В некоторых случаях используется иммерсионный метод, при котором объект и датчик погружаются в воду для улучшения передачи ультразвука. [2]

Основные режимы ультразвукового контроля

Эхо-метод (импульсный) – наиболее распространенный способ, при котором один преобразователь работает как излучатель и приемник. По времени между отправкой и возвратом сигнала определяется расстояние до дефекта.

Сквозной метод – применяется, когда доступ к объекту возможен с двух сторон. В этом случае используются два датчика: один излучает волну, другой принимает. Ослабление сигнала указывает на наличие дефектов.

Реверберационный метод – используется для оценки качества тонких элементов, где многократные отражения сигнала позволяют судить о внутренней структуре материала.

Области применения в строительстве

Ультразвуковой контроль широко применяется для оценки:

Прочности бетона – корреляция между скоростью ультразвука и прочностью позволяет косвенно определять класс бетона без разрушающих испытаний.

Толщины стенок и перекрытий – метод эффективен для выявления скрытых пустот и коррозионных повреждений.

Целостности свай и фундаментов – ультразвуковая томография помогает обнаруживать зоны разуплотнения и трещины в глубокозалегающих конструкциях.

Качества сварных швов – в металлических конструкциях ультразвук выявляет непровары, поры и другие дефекты сварки.

Главным достоинством метода является его высокая чувствительность к малым дефектам (от 1–2 мм) при относительно невысокой стоимости оборудования. Однако существуют и ограничения: необходимость подготовки поверхности, влияние арматуры в железобетоне на точность измерений, а также сложность интерпретации данных в сильно неоднородных материалах.

Инфракрасная термография в неразрушающем контроле строительных конструкций

Инфракрасная термография представляет собой современный метод диагностики, основанный на регистрации теплового излучения поверхности строительных конструкций в инфракрасном диапазоне спектра. Данная технология относится к пассивным или активным способам неразрушающего контроля в зависимости от источника теплового воздействия. В строительной практике термография применяется для выявления скрытых дефектов, оценки теплотехнических характеристик ограждающих конструкций,

обнаружения зон повышенной влажности и многих других задач, связанных с тепловыми аномалиями.

Любое тело, температура которого превышает абсолютный нуль, испускает электромагнитное излучение в инфракрасном диапазоне. Интенсивность и спектральный состав этого излучения определяются температурой поверхности и ее излучательной способностью (коэффициентом эмиссии). Современные тепловизоры способны улавливать это излучение и преобразовывать его в визуальное изображение - термограмму, где разным температурам соответствуют различные цветовые оттенки. [4]

В строительной диагностике используется два основных подхода: пассивная термография, когда анализируется естественное тепловое излучение конструкции, и активная термография, предполагающая искусственное тепловое воздействие на объект исследования. Пассивный метод чаще применяется для энергоаудита зданий, тогда как активный подход эффективен для выявления внутренних дефектов, таких как расслоения, пустоты или зоны повышенной влажности.

Качество термографического исследования существенно зависит от множества факторов. Важнейшим из них является коэффициент эмиссии поверхности - способность материала излучать инфракрасные волны. Различные строительные материалы имеют разные коэффициенты эмиссии, что требует тщательной настройки оборудования перед проведением измерений. Например, металлические поверхности обладают низкой излучательной способностью, тогда как бетон или кирпич имеют высокие значения этого параметра. [3]

Значительное влияние на результаты оказывают атмосферные условия. Влажность воздуха, осадки, ветер и солнечная радиация могут существенно искажать температурные показатели. Поэтому для получения достоверных данных рекомендуется проводить обследования в сухую безветренную погоду, желательно в утренние или вечерние часы, когда влияние солнечного нагрева минимально. Также важно учитывать тепловую инерцию материалов - время, необходимое для выравнивания температурного поля после теплового воздействия. [2]

Ключевым преимуществом инфракрасной термографии является ее неинвазивность - возможность получения информации о внутреннем состоянии конструкций без их разрушения или даже контакта с поверхностью. Метод позволяет оперативно обследовать большие площади и получать результаты в реальном времени. Важным достоинством является наглядность результатов - термограммы

представляют собой понятные визуальные образы, не требующие сложной интерпретации. [5]

Однако метод имеет и существенные ограничения. Глубина проникновения инфракрасного излучения в большинстве строительных материалов не превышает нескольких сантиметров, что ограничивает возможности выявления глубокозалегающих дефектов. Точность измерений сильно зависит от квалификации оператора и правильности настроек оборудования. Кроме того, стоимость качественных тепловизоров остается достаточно высокой, что ограничивает широкое распространение метода в небольших организациях.

Комбинированные методы неразрушающего контроля строительных конструкций.

Современные требования к диагностике строительных объектов все чаще диктуют необходимость применения комплексных подходов, объединяющих несколько методов неразрушающего контроля. Комбинированные методики позволяют преодолеть ограничения отдельных технологий, значительно повышая достоверность и информативность обследования. В строительной практике такие подходы особенно востребованы при оценке сложных конструкций, где применение единичного метода не дает полной картины технического состояния. [4]

Одним из наиболее распространенных в строительной практике является сочетание ультразвукового и радиоволнового методов. Такая комбинация особенно эффективна при обследовании железобетонных конструкций. Радиоволновой метод позволяет точно определить расположение арматурного каркаса, что необходимо для корректной интерпретации ультразвуковых данных. Совместное применение этих технологий дает возможность не только выявлять дефекты, но и оценивать степень коррозии арматуры, что крайне важно для прогнозирования остаточного ресурса конструкции.

Перспективным направлением является интеграция инфракрасной термографии с акустической эмиссией. Такое сочетание особенно ценно при мониторинге напряженно-деформированного состояния конструкций в реальном времени. Термография фиксирует температурные аномалии, связанные с зонами повышенных напряжений, в то время как акустическая эмиссия регистрирует микродефекты, возникающие в процессе эксплуатации. Этот тандем методов позволяет прогнозировать развитие повреждений и своевременно принимать профилактические меры. [5]

Современный рынок диагностического оборудования предлагает решения, специально разработанные для комбинированных

обследований. Появляются гибридные приборы, сочетающие в одном корпусе несколько методов контроля. Особенно перспективны системы, объединяющие тепловизор с ультразвуковым сканером или радиоволновым детектором. Такие устройства позволяют оперативно переключаться между методами, экономя время на обследование.

Важным компонентом комплексной диагностики становятся специализированные программные комплексы для обработки и анализа данных. Современное ПО позволяет совмещать результаты, полученные разными методами, в единой системе координат, создавая объемные модели конструкций с отображением всех выявленных дефектов. Особенно эффективны системы, использующие алгоритмы искусственного интеллекта для автоматического анализа совокупности данных. [4]

Современные методы неразрушающего контроля обеспечивают высокую точность диагностики строительных конструкций. Ультразвуковая дефектоскопия, термография и радиоволновой анализ дополняют друг друга, позволяя получать комплексные данные о состоянии объектов. Дальнейшее развитие технологий НК связано с автоматизацией обработки данных и внедрением искусственного интеллекта для анализа результатов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ Р 56542-2019 «Неразрушающий контроль. Классификация видов и методов»
2. ГОСТ Р 71730-2024 «Конструкции стеклянные несущие. Методы испытаний»
3. ГОСТ Р 71733-2024 «Строительные работы и типовые технологические процессы. Контроль качества скрытых работ геофизическими методами при строительстве подземных объектов».
4. Нелюбова, В.В. Особенности сырьевого состава смеси для высокопрочных бетонов в России / В.В. Нелюбова, С.А. Усиков, О.О. Масанин // Научное издание «Научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – С. 112–115.
5. Меркулов С.И., Акимов Э.К. Методика экспериментальных исследований бетонных балок с композитной арматурой с отгибами на приопорных участках // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 9. С. 8-14.

*Кореньков Д.С., Клепикова М.Ю., Аулов Д.С.*

*Научный руководитель: Погромский А.С.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СНЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОГ**

Снегозащитные сооружения представляют собой комплекс конструктивных элементов, предназначенных для предотвращения негативного воздействия снега и ветра на дорожное полотно и проезжую часть.

Основные цели использования снегозащитных сооружений на наших с вами дорогах состоят в том, чтобы минимизировать воздействие снежных и ледяных отложений на дорожном покрытии. Из этого можно выделить несколько важных аспектов:

- защита дороги от снежных заносов, которые могут затруднить движение и повысить риск ДТП;
- снижение нагрузки на поверхность дорожного покрытия, из-за чего будет уменьшен износ покрытия и следственно увеличен срок службы;
- улучшение видимости на дороге в условиях снегопада или же метели, что значительно повышает безопасность движения.

В настоящее время существует достаточно много разновидностей снегозащитных сооружений, как старых и проверенных временем, так и передовых, которые только вышли на сцену и стремительно набирают обороты.

Из проверенных временем сооружений можно выделить снежные барьеры, защитные экраны, снегопередающие конструкции и лесонасаждения [1]. Из инновационных выделяются системы снеготаяния и обогрева дорог, а также сооружения, которые спроектировали с использованием методов численного моделирования.

Эффективность снегозащитных сооружений подтверждается многочисленными исследованиями. В регионах с хорошо организованной системой снегозащиты значительно снижается время, необходимое для очистки дорог от снега и льда. Это также способствует улучшению безопасности дорожного движения, снижая количество аварий, вызванных погодными условиями. обслуживание дорог в зимний период [2].

Говоря о перспективах использования снегозащитных сооружений

можно рассмотреть несколько аспектов, такие как: экономический, технологический, экологический, социальный и аспект безопасности.

При постройке снегозащитных сооружений на автомобильных дорогах одним из важнейших факторов является оценка их экономической целесообразности. При подсчете стоимости таких сооружений нужно учитывать затраты на проектирование, строительство и последующее обслуживание:

- проектирование сооружений включает в себя анализ климатических и географических характеристик района застройки, а также расчет задерживающей способности сооружения;
- строительство снегозащитных сооружений учитывает материалы из которых будут возводиться эти сооружения, технику для их возведения и сложность возведения;
- обслуживание затрагивает вопросы проверки, ремонта, а иногда и замены конструкций, также удаление снега, который будет скапливаться на самих барьерах [3].

Работы, производящиеся для очистки дорог от снега и льда называются профилактическими и включают в себя:

- погрузку и вывоз снега тракторами и снегоочистителями;
- использование ПГМ (противогололедных материалов) такие как соль, песок и химические средства, для предотвращения образования ледяной корки на поверхности дороги [4].

В долгосрочной перспективе, использование снегозащитных сооружений на дорогах экономически целесообразней обычной очистки снега на дорогах общего пользования.

С развитием технологий снегозащитные сооружения становятся более подготовленными и полезными в суровых условиях российской зимы. Использование новых материалов, например, синтетических (пластик или композит) позволяет существенно улучшить такие показатели как безопасность и удобство движения на наших дорогах [5]. Использование снегозащитных сооружений также повышают комфорт водителей и экологическую ситуацию. Передовые конструкции сейчас выполняют из экологически чистых материалов, которые понижают негативное воздействие на природу. Например, использование природных, той же самой древесины, или перерабатываемых материалов для создания разнообразных конструкций позволяет уменьшить вредные для природы и людей выбросы, как при строительстве, так и в период эксплуатации.

С точки зрения безопасности и комфорта, эти сооружения играют очень важную роль для водителя в зимний период. Благодаря снегозащитным сооружениям и их конструктивным особенностям,

значительно улучшается видимость на дорогах в трудных условиях, это и способствует снижению числа ДТП. Помимо этого, вследствие усовершенствования условий движения происходит повышение комфорта для всех участников дорожного движения [6].

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что, в долгосрочной перспективе, устройство снегозащитных сооружений экономически целесообразней одиночных работ по очистке дорожного покрытия от снега и льда. Благодаря установке снегопередувающих и снегозадерживающих конструкций, существенно повышается безопасность и комфорт как водителей автомобилей, так и пешеходов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОДМ 218.5.001 – 2008: Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега– введ. 01.02.2008. - М: Росавтодор, 2008. - 80 с.

2. Зимнее содержание автомобильных дорог [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.Г. Воронков, К.А. Андрианов. — Электрон. текстовые данные — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 36 с. – 30 экз. Режим доступа: <https://tstu.ru> (Дата обращения 5.5.25)

3. Строительство автомобильных дорог / Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) ; сост.: В.В. Ушаков, В.М. Ольховиков и др.. – Москва : Изд-во КноРус, 2024. – 572 с.

4. Проваторова, Г. В. Зимнее содержание автомобильных дорог [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Г. В. Проваторова— Электрон. текстовые данные — Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 67 с. Режим доступа: <https://dspace.www1.vlsu.ru> (Дата обращения 5.5.25)

5. Ресурсосберегающие технологии в дорожном строительстве Логвинов П.Р., Гнездилова С.А., Фотиади А.А. В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов. Белгород, 2024. С. 135-139. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68629863>. EDN: QTFEJU

6. Методы повышения безопасности автомобильных дорог на стадии проектирования Бондаренко С.Н., Маркова И.Ю., Гнездилова С.А. Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3-1 (82). С. 77-85. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru> (Дата обращения 5.5.25)

УДК 624.92.012.3/4

*Кувшинова А.С.*

*Научный руководитель: Пириев Ю.С., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В современном мире железобетонные конструкции набирают всё большую популярность. Они играют ключевую роль в современном строительстве, обеспечивая прочность, долговечность и экономичность строительных проектов.

Железобетонные конструкции представляют собой сочетание двух различных по механическим характеристикам материала – железа, работающего на растяжение, и бетона, выполняющего работу на сжатие. В конструкции они выполняют совместную работу, как одно монолитное целое.

Железобетонные конструкции в процессе эксплуатации должны быть прочными и устойчивыми. Факторами, влияющими на эти свойства, например являются качество материалов, соотношение компонентов бетонной смеси, технология приготовления и укладки бетона, конструктивные решения и армирование каркаса.

Качество материалов играет основную роль в обеспечении прочности железобетонных конструкций. Цемент является основным связующим в бетонной смеси. Во многом качество готовой бетонной смеси зависит от состава цемента, его марка должна соответствовать расчетам и заявленным характеристикам.

Заполнители бетона не должны содержать примесей, так как это может негативно повлиять на его качество. Их содержание может привести к повышению водопотребления бетонной смеси, приводят к снижению прочности, могут способствовать коррозии бетона.

Прочность бетона во многом зависит от его плотности, которая определяется объёмом пор в материале. Агрессивные вещества проникают в бетон через различные типы пор: капиллярные поры в цементном камне, поры в зоне контакта между цементным камнем и заполнителем, а также через микротрещины.

Правильное соотношение компонентов в бетоне значительно влияет на его качество и долговечность. Примерное соотношение компонентов: 1200 кг крупного заполнителя, 600 кг мелкого заполнителя, 300 кг цемента и 200 л воды. Прочность бетона

определяется на 28 день после заливки, после затвердевания смеси. Она зависит не только от состава смеси, уплотнения, качества заполнителей, но и от условий твердения.

Качество и тщательность перемешивания бетонной смеси являются критически важными факторами, определяющими конечную прочность бетона. От того, насколько равномерно распределены все компоненты в смеси, напрямую зависит надежность и долговечность будущей конструкции. Если бетон был перемешан недостаточно, то компоненты в смеси не распределяются равномерно. Если же дольше необходимого, то произойдет выход цементного молока.

Укладка бетона должна происходить согласно требованиям. Чтобы железобетонные конструкции были монолитными, необходимо проводить укладку бетонной смеси без перерывов. Каждый новый слой бетона следует заливать до того, как предыдущий начнет схватываться. Благодаря уплотнению на границах между свежим и ещё не затвердевшим бетоном формируется цельная конструкция без швов.

Морозостойкость бетона и его устойчивость к противогололедным солям снижаются при повышении водоцементного отношения. Она влияет косвенно на прочность в процессе эксплуатации. Конструкция должна выдержать необходимое количество циклов оттаивания и заморозки, заложенных в проекте, для города Белгород – 25 циклов.

При увеличении водоцементного отношения происходит рост объема капиллярных пор, в которых при температурах до  $-20^{\circ}\text{C}$  происходит кристаллизация воды. Особенно разрушительное воздействие оказывает замерзание воды в крупных капиллярах, приводящее к деструкции бетонной матрицы.

Немаловажную роль в обеспечении устойчивости конструкции играет арматурная сталь. Она должна соответствовать установленным стандартам и требованиям проекта. Это включает в себя не только механические свойства, но и коррозионную стойкость, свариваемость и другие характеристики. Соблюдение стандартов гарантирует, что арматура будет надёжно выполнять свои функции в составе железобетонной конструкции.

Оптимальное сочетание этих факторов обеспечивает долговечность, надежность и прочность железобетонных конструкций.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Смоляго Г.А. Проектирование несущих конструкций многоэтажного каркасного здания: Учеб. пособие /Смоляго Г.А., Дронов В.И. — Белгород: Из-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015.

2. Гольшев, А.Б. Проектирование железобетонных конструкций: справочное пособие/ Под ред. А.Б. Гольшева, — Киев: Будівельник, 1990. — 544с.

3. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: общий курс/ В.Н. Байков., Э.Е. Сигалов — М.: Стройиздат, 1991.

**УДК 699.841**

*Куличкина Ю.Т., Дик М.М.*

*Научный руководитель: Ермакова Е.С., ст. преп.*

*Дальневосточный Федеральный Университет, г. Владивосток, Россия*

## **ОПЫТ И ИННОВАЦИИ ЯПОНИИ В СФЕРЕ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Япония – островное государство, территория которого пролегает вдоль Тихоокеанского огненного кольца, где случается более 80% всех мировых стихийных бедствий. Сталкиваясь с регулярными землетрясениями на протяжении многих веков, японцы выработали уникальные технологии в сфере сейсмостойкого строительства, разработка которых приобретает все большую актуальность в связи с увеличением частотности землетрясений не только в Японии, но и во всем мире<sup>1</sup>.

Как уже было упомянуто, Япония имеет многовековой опыт в строительстве сейсмостойких сооружений. Однако стоит отметить, что японцы не всегда смотрели на землетрясения как на проблему, поскольку были привычны к этому явлению природы. Данный фактор оказал влияние на выработку уникального мировоззрения, в контексте которого здание воспринимается как временная и недолговечная конструкция, которую рано или поздно придется обновить или покинуть.

Еще одним фактором, способствовавшим закреплению такого отношения японцев к архитектурным сооружениям, является высокая влажность воздуха. Издревле основным материалом для строительства зданий на территории островного государства являлось дерево, которое в условиях климата Японии было подвержено гниению. В стенах домов развивались вредоносные микроорганизмы и бактерии, что способствовало быстрому обветшанию дома и ухудшению здоровья его жильцов. В связи с этим появилась традиция постоянного обновления

---

<sup>1</sup> Землетрясений будет больше? Академик о последствиях глобального потепления / [Электронный ресурс] // Кубанский государственный университет : [сайт]. — URL: <https://www.kubsu.ru/ru> (дата обращения: 24.05.2025).

зданий: частичного либо полного. Ярким примером подобного сооружения является храм *Исэ*, возведенный примерно в III-IV вв н.э. Его принято полностью перестраивать каждые 20 лет<sup>2</sup>. Иногда в моменты кризиса традиция прерывалась, однако в настоящее время продолжает исправно соблюдаться. Отчасти именно в постоянном обновлении зданий и кроется секрет сохранения архитектурного наследия Японии и устойчивости исторических зданий не только к изменениям времени, но и к стихийным бедствиям.

Тем не менее, несмотря на подверженность гниению, у дерева обнаружилось значительное преимущество – здания из данного материала во время землетрясений зачастую не обрушаются полностью, а лишь деформируются, после стихийного бедствия вновь приходя в прежнюю форму за счет гибкости и легкости деревянных конструкций.

Немаловажной частью японской архитектурной традиции является строительство пагод, начавшееся после проникновения на территорию страны буддийского вероучения в VI веке. На данный момент здания такого типа являются древнейшими сохранившимися деревянными сооружениями. Такая сейсмостойкость обеспечивается рядом конструктивных решений. Массивные тяжелые крыши, поддерживаемые резными консолями и центральным столбом *синбасира*, и прочные, но легкие ярусы из дерева выстраиваются в устойчивое здание, построенное по принципу гармонии с природой. Во время землетрясений ярусы пагод отклоняются в разные стороны, и в сочетании с гибкостью строительного материала, обилием шарниров и каменным фундаментом, заглушающим подземные толчки, здание балансирует, избегая разрушения<sup>3</sup>. Можно с уверенностью сказать, что архитекторы и строители древности таким образом воплотили в жизнь первые сооружения, работающие по принципу маятника. В настоящее время данный принцип широко используется во многих проектах зданий, строительство которых планируется в сейсмоопасных зонах.

Японцы не только совершенствуют традиционные методы строительства, но и уделяют особое внимание мониторингу мировых инноваций. Так, например, после Нижегородской выставки 1896 года, на которой инженер В.Г. Шухов представил свое изобретение – металлические сетчатые конструкции, на территории Японии стали активно развивать строительство высотных зданий с применением

---

<sup>2</sup> Коновалова, Н. Постоянное обновление храма Исэ [Текст] / Коновалова Н. // Проект Байкал. — 2025. — № 1(83). — С. 38.

<sup>3</sup> Селезнева, О. В. История развития архитектуры Японии древних времен и средневековья / О. В. Селезнева [Текст] // Молодежный научный форум: общественные и экономические науки. — Москва: МЦНО, 2017. — С. 32-36.

данной технологии. Были построены Токийская телебашня, башня порта Кобэ, “Cosoop tower” в Токио и т.д. Кроме сетчатой конструкции все эти здания объединяет наличие центрального столба, подобного столбам *синбасира* в древних буддийских пагодах<sup>4</sup>.

Консолидацией опыта японцев в сфере сейсмостойкого строительства и мировых передовых технологий можно назвать 634-метровую башню Токуо Skytree от компании Nikken Sekkei. При проектировании здания за основу была взята конструкция вышеупомянутых буддийских пагод с центральным столбом *синбасира*, усиленная новейшими разработками в области сейсмичности. В преддверии строительства скрупулезно исследовались все особенности местности, причем как особенности грунта на глубину до 3 километров, так и воздушного пространства, что позволило разработать наиболее точную модель взаимодействия реального здания с окружающей средой. Для достижения еще более высокого уровня сейсмостойкости конструкция оснащена масляным дампом между центральным столбом и железобетонным цилиндром, внутри которого и располагается центральный столб *синбасира*. Дампфер помогает рассеивать энергию от колебаний центрального столба во время землетрясений. При детальном рассмотрении стального сетчатого каркаса можно заметить множество соединений в виде треугольников – такая форма была выбрана из многих других в ходе математических расчетов, показавших, что именно треугольные соединения будут наиболее устойчивы к землетрясениям и другим стихийным бедствиям.

Конструкция здания поделена на две части: неподвижную нижнюю, в которой *синбасира* и железобетонный цилиндр крепятся к каркасу с помощью стальных элементов; и подвижную верхнюю, в которой они соединены с остальными частями здания только при помощи масляного дампера. Такая система по расчетам должна вполнину снизить колебания башни во время землетрясений, что уже однажды прошло проверку реальным бедствием в марте 2011 года, когда здание находилось на завершающем этапе строительства<sup>5</sup>. Таким образом, на примере Токуо Skytree можно увидеть, как японцы смогли применить многовековой опыт строительства буддийских пагод в сочетании с новыми мировыми технологиями и разработками

---

<sup>4</sup> Коновалова, Н. А. Развитие идей В.Г. Шухова в современной архитектуре Японии [Текст] / Н. А. Коновалова // Современная архитектура мира. — 2019. — № 13. — С. 165–175.

<sup>5</sup> Imaizumi A. The Japanese Earthquake Resistance Technologies that Support TOKYO SKYTREE / Imaizumi A. [Электронный ресурс] // Tokyo Updates : [сайт]. — URL: <https://www.tokyoupdates.metro.tokyo.lg.jp/en> (дата обращения: 24.05.2025).

современности.

Также японцы ведут деятельность по разработке и совершенно новых конструктивных решений. Например, строительная компания Airdanshin в данный момент исследует возможности использования системы Maglev (Magnetic Levitation), с помощью которой планируется устанавливать дома на специальную магнитную подушку. Таким образом, компания Airdanshin предлагает людям посмотреть на Японию будущего как на страну «плавающих домов», не страдающую от последствий землетрясений. Из уже существующих примеров сооружений можно привести здание Fa-Bo от компании Komatsu Seiren. Оно укреплено с помощью нитей из термопласта и углеводородного волокна, образующих подобие прозрачной «шторы», туго натянутой от крыши до земли под углом<sup>6</sup>.

В настоящее время Япония является авторитетным голосом в области мирового сейсмостойкого строительства, помогая другим странам, расположенным в сейсмоопасных зонах, сделать свои города безопаснее. Многие застройщики в странах Юго-Восточной Азии опираются на выведенные Японией методы и стандарты строительства<sup>7</sup>. На территории США, в частности в штате Калифорния, к 2026 году также планируют перейти к схожим с японскими стандартам сейсмостойкого строительства госпиталей и мостов<sup>8</sup>.

Опыт Японии в области строительства сейсмостойких сооружений неоспорим. На протяжении столетий японцы совершенствовали технологии, благодаря которым современные города Японии являются безопасными для проживания даже с учетом особенностей рельефа и климата страны. Уникальность подхода японцев к строительству зданий заключается в том, что наравне с инновациями при проектировании учитывается многовековой опыт прошлого. Японцы активно применяют не только опыт своей страны, но и ассимилируют иностранные методы, внося вклад в совершенствование мировых технологий в области сейсмостойкого строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коновалова, Н. А. Развитие идей В.Г. Шухова в современной

---

<sup>6</sup> Project for renovating the former head office building of Komatsu Matere / [Электронный ресурс] // KOMATSU MATERE FABRIC LABORATORY [ fa-bo ] : [сайт]. — URL: <https://www.komatsumatere.co> (дата обращения: 24.05.2025).

<sup>7</sup> Fulgar I. Adopting Japan's earthquake-ready architecture / Fulgar I. [Электронный ресурс] // Inquirer : [сайт]. — URL: <https://business.inquirer.net> (дата обращения: 24.05.2025).

<sup>8</sup> 2030 Seismic Requirements / [Электронный ресурс] // California Hospital Association : [сайт]. — URL: <https://calhospital.org> (дата обращения: 24.05.2025).

архитектуре Японии [Текст] / Н. А. Коновалова // Современная архитектура мира. — 2019. — № 13. — С. 165–175.

2. Коновалова, Н. Постоянное обновление храма Исэ [Текст] / Коновалова, Н. // Проект Байкал. — 2025. — № 1(83). — С. 38.

3. Селезнева, О. В. История развития архитектуры Японии древних времен и средневековья / О. В. Селезнева [Текст] // Молодежный научный форум: общественные и экономические науки. — Москва: МЦНО, 2017. — С. 32-36.

4. Землетрясений будет больше? Академик о последствиях глобального потепления / [Электронный ресурс] // Кубанский государственный университет : [сайт]. — URL: <https://www.kubsu.ru> (дата обращения: 24.05.2025).

5. 2030 Seismic Requirements / [Электронный ресурс] // California Hospital Association [сайт]. — URL: <https://calhospital.org> (дата обращения: 24.05.2025).

6. Fulgar I. Adopting Japan's earthquake-ready architecture / Fulgar I. [Электронный ресурс] // Inquirer: [сайт]. — URL: <https://business.inquirer.net> (дата обращения: 24.05.2025).

7. Imaizumi A. The Japanese Earthquake Resistance Technologies that Support TOKYO SKYTREE / Imaizumi A. [Электронный ресурс] // Tokyo Updates : [сайт]. — URL: <https://www.tokyouupdates.metro.tokyo.lg.jp> (дата обращения: 24.05.2025).

8. Project for renovating the former head office building of Komatsu Matere / [Электронный ресурс] // KOMATSU MATERE FABRIC LABORATORY [ fa-bo ] : [сайт]. — URL: <https://www.komatsumatere.co.jp> (дата обращения: 24.05.2025).

#### УДК 69

*Левенец Р.Ю.*

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

### **ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСТ 6713-2021 В РОССИЙСКОМ МОСТОСТРОЕНИИ**

В последние годы российская мостостроительная отрасль столкнулась с серьезными вызовами, связанными с внедрением нового стандарта ГОСТ 6713-2021[6] «Прокат из конструкционной стали для мостостроения». Изготовление стали 10ХСНД 2 и 3 категории по новому ГОСТу предлагает вариативность изготовления проката.

Помимо изготовления проката привычной термической обработкой: категория 2 в нормализованном состоянии (Н); категория 3 в термически улучшенном состоянии после закалки (З) и высокого отпуска (О), добавились в термомеханически обработанном состоянии после: контролируемой прокатки (КП); контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО) и/или отпуском (КП+УО+О).

ГОСТ 6713-2021[6], призванный модернизировать производство и применение стального проката, вызвал широкий резонанс среди специалистов, проектировщиков и производителей металлоконструкций. В статьях: «У каждой проблемы есть «фамилия, имя и отчество»[1] и «ГОСТ 6713-2021 — это мина в стальном мостостроении, но уже совсем не замедленного действия»[2] — детально анализируют технологические риски, связанные с использованием металлопроката, изготовленного по новому ГОСТу, особенно в состоянии контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО).

Прокат КП+УО — горячекатаный прокат с ускоренным охлаждением. Несмотря на терминологию «контролируемая прокатка», данный прокат фактически является горячекатаным с ускоренным охлаждением водой. Такая технология дает мелкозернистую структуру и повышенную ударную вязкость в состоянии поставки, но не устраняет фундаментальные проблемы с анизотропией и внутренними напряжениями. Отсутствие последующего высокого отпуска после охлаждения усугубляет проблемы свариваемости и хладостойкости.

Внутренние напряжения и анизотропия структуры металла - следствие термомеханической обработки и ускоренного охлаждения, которые не всегда контролируются должным образом.

Испытания контрольно-технологических проб (КСС) из стали марки 10ХСНД-2 толщиной 12 мм показали значительное снижение ударной вязкости сварных соединений при температуре минус 60°C, что ниже нормативных требований. При сварке с повышенной погонной энергией и локальном нагреве металла выше 850–930°C происходит разупрочнение металла в зоне термического влияния (ЗТВ), что снижает механические характеристики и ударную вязкость в десятки раз. Эти эффекты создают опасность появления дефектов и снижения долговечности мостовых конструкций.

Выполненный объем исследований не позволяет однозначно рекомендовать применение проката по ГОСТ 6713-2021[6] в мостостроении. Министром РФ принят решение о параллельном использовании ГОСТ 6713-2021[6] и ГОСТ Р 55374-2012[7], что создает неоднозначность и риски для производителей, проектировщиков и

заказчиков. Авторы предупреждают, что поспешное введение нового стандарта без достаточных научных данных и согласований может привести к массовым разрушениям стальных мостов — так называемому «мостопаду».

В интервью журнала: "Дороги. Инновации в строительстве" генеральный директор ООО «ПСК ТРАНССТРОЙПРОЕКТ» Дмитрий Харламов, дает свое видение ситуации относительно ГОСТа 6713-2021[5].

По его мнению, новый ГОСТ 6713-2021[6] не содержит классификации проката по видам термообработки, которая была в старом ГОСТ 6713-1991[9]. Это приводит к потере гарантий качества сварки и усложняет контроль параметров, важных для мостостроения. Проектировщики не могут однозначно определить, какой прокат следует использовать и как обеспечить надёжность конструкций.

Новый ГОСТ был введён без широкого обсуждения с профильными организациями и без чётких рекомендаций по применению. В нормативных документах, таких как СП 35.13330.2011[8], новый стандарт пока не включён или включён с ограничениями. Проектировщики вынуждены вносить дополнительные требования в технические условия, что увеличивает трудоёмкость и риски.

В случае аварийных ситуаций, например, появления трещин в мостах, ответственность может лечь на проектировщиков, если они не учтут дополнительные требования к стали и сварке. Это создаёт дополнительное давление на специалистов и может привести к юридическим и финансовым последствиям.

Введение «сырого» стандарта приводит к увеличению сроков проектирования и строительства, а также к дополнительным расходам на испытания и контроль качества. Сложности с нормативами и технологиями могут снизить производительность заводов и увеличить стоимость металлоконструкций.

Дмитрий Харламов сравнивает текущую ситуацию с введением в 2006 году нового ГОСТа на высокопрочные болты, когда отрасль также столкнулась с непредвиденными трудностями, но смогла добиться пересмотра стандартов. Сейчас ситуация требует более своевременных и согласованных действий, чтобы избежать негативных последствий.

В статье «Влияние режимов обработки и ориентации образцов на механические характеристики и механизмы разрушения стали 10ХСНД при ударном и статическом изгибе» [3] рассматривается, как различные способы обработки стали 10ХСНД влияют на её устойчивость к разрушению при ударных и статических нагрузках. Изучались два

варианта обработки: термообработка (закалка с отпуском) и контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением.

Было обнаружено, что после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением сталь становится более хрупкой при низких температурах, особенно если нагрузка направлена перпендикулярно направлению прокатки. Кроме того, этот вид обработки приводит к тому, что материал по-разному сопротивляется удару в зависимости от направления, и на поверхности разрушения появляются расслоения, что может привести к преждевременным поломкам конструкций.

Анализ изломов при статическом изгибе показал, что чем больше поперечное сечение образца, тем выше температура, при которой он становится хрупким. Образцы после термообработки демонстрируют большую долю вязкого разрушения, чем образцы после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением, как при комнатной, так и при пониженной температуре

В статье «Термические циклы, структура и свойства неразъемных соединений конструкционных сталей при сварке в условиях экстремального холода» [4] представлен обзор исследований термических циклов, структуры и свойств сварных соединений низколегированных и низкоуглеродистых сталей при электродуговой сварке в условиях отрицательных температур окружающего воздуха, вплоть до  $-50$  °С. Цель данной работы — изучить накопленные данные для разработки обоснованных рекомендаций по сварке стальных мостовых конструкций в зимних условиях.

Рассмотрены результаты сравнительного анализа термических циклов сварки образцов разного размера, выполненных при комнатной температуре и в условиях экстремального холода. В небольших пластинах размером  $200 \times 250 \times 10$  мм из-за интенсивного отражения тепла от краёв термические циклы при разных температурах практически совпадают. Однако в более массивных образцах ( $450 \times 250 \times 10$  мм) наблюдается значительное увеличение скорости охлаждения зоны перегрева сварного соединения при сварке на холоде по сравнению с комнатной температурой.

Показано, что скорость охлаждения зоны термического влияния (ЗТВ) при низких температурах можно регулировать изменением погонной энергии сварки, что позволяет влиять на структуру и свойства сварного шва.

Исследования влияния водорода показали, что при сварке при отрицательных температурах диффузия водорода замедляется, что снижает устойчивость к образованию холодных трещин на 40 %. Для

предотвращения образования трещин необходимо использовать сварочные материалы с низким содержанием водорода.

Металлографический анализ показал, что структурные превращения в сварных соединениях существенно зависят от марки стали, её химического состава и параметров термического цикла сварки. Дилатометрические исследования подтвердили, что даже незначительные изменения содержания легирующих элементов в пределах марки оказывают существенное влияние на кинетику превращения аустенита.

Таким образом, для разработки оптимальных технологических режимов сварки при отрицательных температурах необходимо учитывать не только особенности теплопередачи в холодных условиях, но и фазовые превращения, влияющие на структуру и свойства металла сварного соединения.

Новый ГОСТ 6713-2021[6] вводит вариативность применения проката как без термомеханической обработкой так и с термической обработкой, последнее потенциально может повысить механические свойства, но сопровождается серьёзными проблемами с внутренними напряжениями, свариваемостью и ударной вязкостью сварных соединений. Анализируя вышеуказанную информацию, можно сделать вывод, что научно-исследовательской базы и отсутствие комплексных испытаний проката всех толщин недостаточны для использования его в полной мере необходимо разработать и внедрить новые технологии сварки и термической правки, адаптированные к особенностям нового проката.

## **БИБЛЕОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. А.А. Сергеев, В.И. Звирь. У каждой проблемы есть «фамилия, имя и отчество» / «ДОРОГИ. Инновации в строительстве. – 2023 - №114. – С.20-23.

2. Сергеев А.А., Звирь В.И. ГОСТ 6713-2021 — это мина в стальном мостостроении, но уже совсем не замедленного действия / ДОРОГИ. Инновации в строительстве. – 2024 - №117. – С.78-81.

3. Ботвина Л.Р., Тютин М.Р., Демина Ю.А., Белецкий Е.Н., Куницын Г.А., Нжельский Д.В. Влияние режимов обработки и ориентации образцов на механические характеристики и механизмы разрушения стали 10ХСНД при ударном и статическом изгибе / Металлы. – 2024 – С. 51-67.

4. Голиков Н.И., Санников И.И., Семёнов С.В., Иванов М.А. Термические циклы, структура и свойства неразъемных соединений конструкционных сталей при сварке в условиях экстремального холода / Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2024 – С. 479-491.

5. Харламов Д.С. Чем не прост новый ГОСТ / Дороги. Инновации в строительстве. - 2022 – С.20-22.

6. ГОСТ 6713-2021. Прокат из конструкционной стали для мостостроения. Технические условия.

7. ГОСТ Р 55374-2012. Прокат из стали конструкционной легированной для мостостроения. Общие технические условия.

8. СП 35.13330.2011. Свод правил. Мосты и трубы

9. ГОСТ 6713-1991. Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. Технические условия.

10. Солодов Н.В, Водяхин Н.В. Результаты испытаний образца сварного соединения. / Научные технологии и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, XXI научные чтения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2014 - С.116-119.

**УДК 69.05**

*Левшин А.М.*

*Научный руководитель: Рябчевский И.С., ст. преп.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ**

На строительных площадках существует множество факторов риска, и травмы часто возникают из-за того, что рабочие не носят защитных средств или не проходят надлежащего обучения технике безопасности [1, 2]. Для снижения травматизма активно исследуются технологии Интернета вещей (IoT), компьютерного зрения, больших данных и искусственного интеллекта.

Существующие системы на основе IoT, такие как решения с использованием сверхширокополосной связи, требуют ношения работниками дополнительных устройств, что снижает удобство их применения [3-6]. Альтернативой являются системы управления безопасностью на основе камер, которые не обременяют сотрудников и

позволяют автоматизировать контроль. Однако для их эффективной реализации необходимы дальнейшие исследования в области обработки изображений и глубокого обучения.

Ключевую роль в таких системах играет технология распознавания объектов. Она активно развивается в рамках компьютерного зрения и позволяет идентифицировать как персонал, так и нарушения требований безопасности. Например, модели на основе сверточных нейронных

сетей (CNN) способны анализировать видеопоток в режиме реального времени, определяя отсутствие касок, жилетов или других элементов (СИЗ) (рис.) [7]. Данная система способствует снижению травматизма рабочих на строительных площадках с использованием технологии распознавания объектов, основанной на глубоком обучении.

СИЗ могут значительно повысить безопасность работника, снижая вероятность и тяжесть травм или несчастных случаев со смертельным исходом на строительных, химических и опасных объектах. СИЗ широко используются для обеспечения приемлемого уровня безопасности не только при несчастных случаях на вышеупомянутых объектах, но и при воздействии химических веществ.

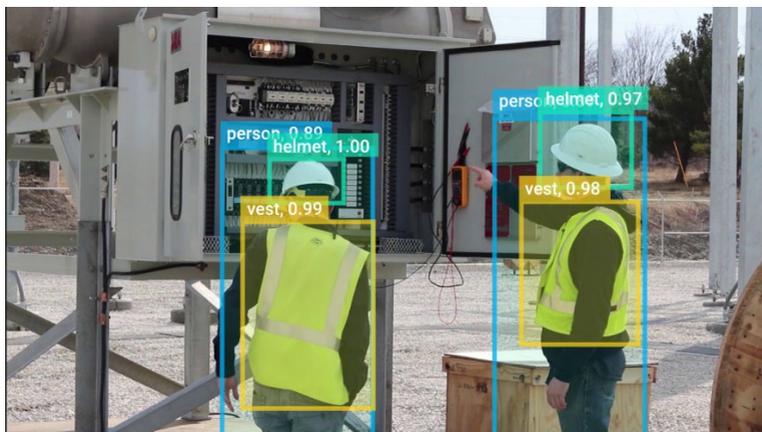


Рис. 1 Обнаружение СИЗ с помощью глубокого обучения

Однако некоторые работники могут временно не использовать данные средства индивидуальной защиты по каким-либо причинам или отказаться от использования защитного комплекта из-за недостаточной осведомленности. Существует несколько факторов, обуславливающих несоблюдение требований к средствам индивидуальной защиты. Наиболее значимыми факторами являются недостаточный контроль за

безопасностью, плохое восприятие рисков, недостаточное обучение технике безопасности и отсутствие должных мер по предотвращению несчастных случаев со стороны руководства.

Поскольку ручной мониторинг является трудоемким и приводит к ошибкам, ситуация требует разработки интеллектуальных систем мониторинга, которые могли бы обеспечить автоматизированное и точное определение соответствия СИЗ требованиям в режиме реального времени.

Для обучения моделей необходим аннотированный набор данных, включающий изображения рабочих в различных условиях: при разном освещении, ракурсах и сценариях деятельности. Трансферное обучение (transfer learning) позволяет адаптировать предобученные модели (например, ResNet или VGG) под специфику строительных площадок, что сокращает время разработки и повышает точность [7].

Возможно использование двухступенчатого детектора на основе региональных сверточных нейронных сетей (R-CNN) [8], который сочетает высокую точность локализации объектов с возможностью обработки видео в реальном времени. На первом этапе модель генерирует регионы интереса (RoI), а на втором – классифицирует объекты в этих областях. Для сравнения рассмотрены одноступенчатые архитектуры, такие как YOLO (You Only Look Once – вы смотрите только один раз) [9], которые обеспечивают более высокую скорость, но уступают в точности при сложных сценах (например, при перекрытии объектов).

Если быть точным, то машины могут обнаруживать и классифицировать информацию, используя технологии компьютерного зрения и глубокого обучения (DL). Область DL известна как подотрасль машинного обучения (ML), которая имитирует человеческий мозг, где одной из интересных возможностей DL является его способность совершенствоваться и обучаться самостоятельно. Возможности компьютерного зрения основаны на CNN, которые автоматически выполняют извлечение признаков для целевых объектов. Для поддержки модели, позволяющей принимать решения, извлеченные признаки будут переданы в модель DL. Более того, трансферное обучение может способствовать повышению надежности решения за счет применения знаний о ранее обученных моделях к смежным задачам [10].

В основном, существуют две категории детекторов, одноступенчатые детекторы, которые выполняют как локализацию, так и распознавание искомым объектов в одной и той же фазе, что позволяет достичь обнаружения практически в режиме реального времени.

Семейство YOLO – это известные одноступенчатые детекторы. Между тем, семейство R-CNN известно как популярный двухэтапный детектор, который обеспечивает точные и надежные результаты, выполняя процедуру обнаружения объекта в два этапа. На первом этапе выполняется локализация объектов, чтобы предложить регионы с высокой вероятностью их нахождения. Затем следует второй этап, на котором объекты идентифицируются по извлеченным характеристикам из локализованных регионов. Стоит отметить, что оба типа детекторов нацелены на обнаружение целевых объектов, но существует заметный компромисс между обнаружением в реальном времени и точностью. В современных условиях обнаружение СИЗ является серьезной и сложной проблемой в отрасли, и его точное обнаружение в режиме реального времени может сыграть важную роль в обеспечении безопасности работников.

Использование технологий машинного зрения и глубокого обучения для мониторинга безопасности на строительных площадках демонстрирует значительный потенциал в снижении травматизма. Система на основе R-CNN позволяет автоматически обнаруживать отсутствие СИЗ у работников и генерировать предупреждения в режиме реального времени. Это не только сокращает зависимость от ручного контроля, но и повышает точность и скорость реагирования на нарушения.

Однако внедрение подобных систем требует учета таких факторов, как качество данных обучения, условия эксплуатации камер и адаптация алгоритмов к изменяющимся условиям среды. Реализация расширения функционала системы для анализа других аспектов безопасности (например, обнаружение опасных зон или несанкционированного доступа) позволит создать универсальную платформу, способную существенно повысить уровень безопасности на производственных объектах.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Konikov A., Konikov G. Big Data is a powerful tool for improving the environment in the construction business. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 90/ – P. 012184.
2. Toole, T.M. Construction site safety roles. // J. Constr. Eng. Manage. – 2002. – Vol. 128. – P. 203–210.
3. Сулейманова, Л. А. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве :

Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова, Белгород, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 240-245.

4. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.

5. Сулейманова, Л. А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций / Л. А. Сулейманова, А. А. Крючков, С. М. Есипов, П. А. Амелин // 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации : Сборник тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции, Алчевск, 13–14 октября 2022 года. Том Часть 2. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2022. – С. 201-203.

6. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24.

7. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2017. – Vol. 39, № 6. – P. 1137–1149.

8. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 779–788.

9. Chen Y., Li W., Sakaridis C., Dai D., Van Gool L. Domain Adaptive Faster R-CNN for Object Detection in the Wild // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2018. – P. 3339–3348.

10. Day O., Khoshgoftaar, T.M. A survey on heterogeneous transfer learning. // J. Big Data. – 2017. – Vol. 4. – P. 29.

Лимощенко В.А.

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

## РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ РАСЧЕТОВ КОНСТРУКЦИЙ

В механике деформируемого твердого тела существует, по крайней мере, три нелинейности: физическая, геометрическая и присутствующая в теории структурного синтеза систем [1-3].

Физическая нелинейность происходит вследствие отклонения от закона Гука, когда отсутствует линейная зависимость между напряжениями (усилиями) и деформациями материала. Геометрическая нелинейность появляется при нарушении зависимостей Коши, когда перемещения (линейные и угловые) конструкции вызывают значительные изменения её геометрии (деформации). Следовательно, уравнения равновесия приходится составлять с учётом изменения размеров и формы конструкции (то есть по деформированной схеме). Третий вид нелинейности связан с нелинейным характером уравнений структурообразования [4-6].

Источники первых двух видов нелинейностей обнаруживаются на атомно-молекулярном уровне. Если идеальный кристалл растягивать вдоль оси симметрии его решетки, то в результате нарастания его длины в направлении действующей силы происходит разрушение объекта. Но при чрезмерно большом удлинении картина меняется: появляется неустойчивость волокон из атомов по отношению к повороту. Ее могут вызвать различного рода дефекты, создающие асимметрию решетки кристалла. Кроме того, может произойти ликвидация межатомных связей и создание новых соединений атомов. При этом асимметрия возрастает и вызывает физическое явление, определяемое как пластичность. В этом случае теряет смысл разделение нелинейности на два вида – геометрическую и физическую.

В конечно-элементном представлении цепочка соответствующих уравнений выглядит следующим образом:

$$\vec{\varepsilon} = \bar{A}^T(\vec{q})\vec{q},$$

$$\vec{\sigma} = D(\vec{\varepsilon})\vec{\varepsilon},$$

$$\vec{\sigma} = \bar{D}(\vec{q})\vec{q},$$

$$\bar{k}_e = \int_{V^{(e)}} \bar{A}^T \bar{D} dV,$$

где  $\vec{\varepsilon}$  и  $\vec{q}$  – вектора деформаций и перемещений соответственно,  $\bar{A}$  и  $\bar{D}(\bar{D})$  – операторы геометрической и физической нелинейности;  $V^{(e)}$  и  $\bar{k}_e$  – объем и матрица жесткости конечного элемента.

После построения матрицы жесткости системы  $\bar{K}$  запишем систему уравнений МКЭ:

$$\bar{K}\vec{q} = \vec{F}.$$

Выделим из нее линейную составляющую  $K$ :

$$\bar{K} = K + \Delta K_{\text{нел}},$$

после чего имеем:

$$K\vec{q} = \vec{F} - \Delta K_{\text{нел}}\vec{q}.$$

Решение этого уравнение есть итерационное решение рекуррентного уравнения:

$$K\vec{q}^{(v)} = \vec{F}^{(v-1)},$$

где

$$\vec{F}^{(v-1)} = \vec{F} - \Delta K_{\text{нел}}(\vec{q}^{(v-1)})\vec{q}^{(v-1)},$$

причем второе слагаемое рассматривается как дополнительная нагрузка на  $i$ -том шаге расчета.

Существует доказательство сходимости рассмотренного итерационного процесса.

Этот прием первоначально был использован при решении физически нелинейных задач, затем – при наличии геометрической нелинейности, в рассматриваемом случае – при их комбинации. Его же следует использовать и при третьем виде нелинейности, упомянутом в начале статьи.

В теории структурного синтеза матрица жесткости варьируется в результате изменения и геометрических и физических параметров. Вычислительный комплекс предусматривает сохранение матрицы начального приближения и ее изменение в итерационном процессе, в

результате чего образуется новая правая часть конечно-элементного уравнения с дополнительной нагрузкой [7-9].

Одним из видов нелинейных задач является плоский продольно-поперечный изгиб стержня. Нелинейность вызывается учетом его деформированной схемы. При этом влияние продольной силы на изгиб стержня равносильно добавке к поперечной нагрузке определенной величины. Разработаны уравнения метода начальных параметров для элементов изгиба стержня.

Эти уравнения показывают линейную зависимость элементов изгиба от начальных параметров, то есть от поперечной нагрузки, и нелинейную – от продольной нагрузки. Следовательно, принцип независимости действия сил можно использовать лишь при сохранении продольной нагрузки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филоненко-Бородич М.М. Теория упругости. М.: Физматгиз, 1959. 364 с.
2. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. В 3 ч. Т.2. М.: Наука, 1978. 616 с.
3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979. 244 с.
4. Юрьев А.Г. Вариационные постановки задач в статике сооружений. М.: МИСИ, 1987. 94 с.
5. Юрьев А.Г. Оптимизация топологии и геометрии конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 96 с.
6. Юрьев А.Г., Панченко Л.А. Энергетическое начало в теории синтеза конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 10. С. 34-40.
7. Panchenko L.A., Druzhinina T.Y. Energetic basis in rational constructions projection // Magazine of Civil Engineering. 2024. 17(8). Article No. 13205. DOI: 10.34910/MCE.132.5.
8. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Зинькова В.А. Структурный синтез стержневых систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 34-40.
9. Yuriev A.G., Panchenko L.A., Naumov A.E. A variational statement of problem for the case of dispersely and discretely reinforced material // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 3. С. 15361-15369.

*Манаков Н.А., Гуцин Д.А., Санжарова Е.Н.  
Научный руководитель: Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ ОБЖИГОМ**

Древесина широко используется и как строительный, и как отделочный материал. Природная красота древесины издавна ценится в народе [1]. Ее широко используют и как отделочный материал, и как основной строительный. В отделке древесины широко используется для стеновых панелей, напольных покрытий в виде художественного или мозаичного паркета, отделке административных помещений, ресторанов, отелей, вокзалов, кают и купе на транспорте и т.п. В ресторанах и барах отделка стен помещения создают уютную атмосферу, привлекающую посетителей своей теплотой и успокаивающей аурой. Отделка холлов отелей стеновыми панелями из древесины придает им своеобразный шарм. Работа с древесиной является широким полем для дизайнерских решений в отделке помещений.

Древесина широко применяется и в строительстве [1], в большинстве случаев это частные малоэтажные постройки, такие как загородные дома, бани и сауны, беседки, гаражи, хозяйственные постройки. Привлекательность древесины как строительного материала здесь является простота и дешевизна строительства, быстрые сроки возведения и завершения строительства, т.е. введение в эксплуатацию.

Древесина и изделия из нее широко применяются и в элементах декорации стен, потолков, лестниц, мебели, предметов интерьера, арт объектов, дверных и оконных блоков. Древесина всегда широко использовалась и для создания уличных архитектурных объектов. Это беседки различных архитектурных стилей, обустройство детских площадок, уличная и ландшафтная мебель и т.п.

Но при всех положительных качествах древесины, ее широкое использование сдерживается рядом факторов, таких как гниение и поражение огнем [2]. Поражение огнем может привести к полному уничтожению построек, деталей или изделий. Но с другой стороны, управляемый процесс обработки древесины огнем дает возможность создавать новые дизайнерские решения в деревообработке и дизайне [3]. Древесина, подверженная достаточно глубокой обработке огнем, менее подвержена в дальнейшем возгоранию [4].

Обработка огнем создает уникальную текстуру поверхности древесины, получение глубокого черного цвета. При частичном обжиге поверхности подчеркивается природный рисунок древесины. Более сильная и глубокая обработка огнем придает поверхности материала состаренный вид – браширование. А при еще более глубокой обработке огнем образуются обугленные поверхности с разделением на элементы разрушения древесины как при естественном пожаре, придавая своеобразный шарм и контрастный эффект. Некоторые виды обработки древесины огнем представлены на рис. 1 и 2. Виды и методы обжига древесины представлены в табл.



Рис. 1 Дизайнерская отделка офисного помещения панелями из обугленной древесины



Рис. 2 Фасад дома из обожжённой древесины

Таблица - Виды обжига древесины и их применение

Вид обжига	Возможное применение	Характеристики	Время обработки	Получаемый результат
Глубокий обжиг	наружная отделка зданий, фасады, заборы	максимальная защита, глубокое проникновение	15 20 минут на сегмент	глубокий черный цвет, выраженная текстура
Средний обжиг	садовая мебель, декоративные элементы	баланс между защитой и эстетикой	10 15 минут	темно коричневый цвет, умеренная текстура
Легкий обжиг	интерьерная отделка, мебель	преимущественно декоративный эффект	5 7 минут	золотисто коричневый оттенок, легкая текстура

Некоторые виды обжига представлены на рис. 3.

В разных странах сложились свои методы и технологии обработки древесины огнем. Например, в Японии существует традиционный метод якисуги [5 - 7]. Доски связываются в треугольную призму, внутри создается "дымоход", поджигается нижняя часть конструкции, огонь поднимается вверх, обжигая поверхности. Время горения составляет 15-20 минут. Древесина равномерно обжигается, при этом обеспечивается глубокое проникновение огня и минимальный риск деформации. Метод позволяет обрабатывать длинные доски. Данный метод традиционно используют для производства облицовок фасадов зданий и сооружений.



Рис. 3 Виды обжига по степени интенсивности воздействия огнем: *a* – глубокая обработка; *б* – обработка средней интенсивности; *в* – легкая обработка для подчеркивания текстуры древесины, *z* – молнии на древесине.

С развитием новых технических средств, стали появляться и новые технологии обработки древесины огнем. Например, появление газовых горелок позволяет обеспечить равномерное распределение пламени по поверхности, обеспечивать при этом постоянный визуальный контроль над процессом обработки. Такая обработка позволяет осуществлять точный контроль процесса, возможность выполнения локального обжига. Технологический процесс характеризуется мобильностью, быстротой выполнения, универсальностью применения.

Широко применяются методы поверхностного обжига разной интенсивностью и глубиной, называемые брашингом. Технология легкого брашинга заключается в поверхностном незначительном обжиге с дальнейшей очисткой металлической щеткой. Затем повторно проводится легкий обжиг и финальная очистка щеткой. Заключительным этапом является нанесение защитного покрытия. В результате проявляется текстура древесины, ее контрастный рисунок, образуется золотисто-коричневый цвет, поверхность после шлифовки становится гладкой, а изделие приобретает декоративный эффект.

Глубокий брашинг или карбонизация заключается в интенсивном обжиге, при котором образуется угольная корка. Время обжига составляет 15-20 минут. Поверхность охлаждают водой для предотвращения от возгорания. Обугленную поверхность слегка зачищают и наносят масло. В итоге получается поверхность с черным глубоким цветом, с выраженной текстурой обугленной поверхности. Обработанная древесина очень долговечна, обладает высокой влагостойкостью, не поражается грибами и насекомыми.

В дизайнерской практике широко применяется точеный обжиг для создания узоров, акцентных элементов, художественной обработки элементов поверхности. Применяется при создании декоративных панно, элементов дизайна и художественных произведений. Технология заключается в точечном воздействии на поверхность древесины малой горелкой. При этом можно создавать градиенты комбинированного сочетания с другими техниками, выполнять художественные проработки элементов.

Одной из разновидности обработки древесины огнем является создание молний на поверхности (рис. 3, г). Техника достаточно новая. Рисунок формируется независимый в виде глубоких борозд и мелких ответвлений. Природа древесины сама направляет распространение следов горения – молний. При этом создается уникальный своеобразный рисунок.

Заключительными операциями могут быть отделка защитными средствами – лаками, красками, пропиточными маслами, защитными составами и т.п. Для придания более высоких эстетических свойств возможна глубокая пропитка смолами, например, эпоксидной смолой.

Поверхности, обработанные огнем, приобретают новые свойства, особенно это касается глубокого брашинга. Они не подвержены старению под воздействием ультрафиолета солнечного облучения, имеют низкое влагопоглощение, повышенное тепловое сопротивление. Интенсивностью обработки можно добиться желаемого цвета, подчеркивания текстуры, сочетания с другими материалами, создания общего стиля изделия.

Контроль качества обожженной древесины оценивают по равномерности обжига, глубине карбонизации, отсутствию деформаций, качеству обработанной поверхности, цветовой однородности. Методом тестирования оценивают водостойкость, прочностные и адгезионные свойства, цветостойкость.

При выполнении работ по обжигу необходимо придерживаться следующих правил: работы выполнять на открытом воздухе или в помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией, на

рабочем месте должны быть средства пожаротушения, экипировка и одежда должны быть не возгораемые.

Таким образом можно сделать вывод, что обработка древесины огнем широко используется дизайнерами и художниками при создании отделочных материалов для интерьеров, в архитектурной отделке зданий и сооружений и др. областях. Древесина, обработанная огнем, приобретает повышенную стойкость к воздействию влаги, солнечной радиации, улучшаются ее теплоизоляционные свойства, стойкость к короблению и растрескиванию. Такая древесина широко используется для изготовления ландшафтной мебели, материалов для облицовывания зданий и сооружений, контактирующих с влагой на открытом воздухе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.

2. Лесовик В.С. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций / Лесовик В.С., Овсянников С.И., Федоренко А.В. // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 222-228.

3. Литвинов В.В., Овсянников С.И. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс. Белгород, 2019. С. 29-33.

4. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. FIRE RESISTANCE EVALUATION OF PRESSED STRAW BUILDING ENVELOPES / Materials Science Forum. 2019. Т. 974. С. 237-242.

5. Технология обжига дерева якисуги / Сайт: Деревья и растения // [Электронный текст] - URL: <https://plants-book.ru> (дата обращения: 17.03.2025).

6. Обжиг дерева Shou Sugi Ban // [Электронный текст] - URL: <https://domsbobrom.com> (дата обращения: 27.03.2025).

7. Yakisugi - японская технология обработки дерева // [Электронный текст] - URL: <https://pikabu.ru> (дата обращения: 15.05.2025).

*Мишенин О.В.*

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

## **ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ДЕЙСТВИИ ИЗГИБА С КРУЧЕНИЕМ**

В промышленном и гражданском строительстве часто используются конструкции, которые испытывают сложное напряженное состояние, например, кручение с изгибом. Это могут быть контурные балки, служащие опорой для наружных стен, конструкции в ядрах жесткости для многоэтажных зданий или ригели дисков перекрытия. Очень важно верно оценивать деформативность таких конструкций, так как, такие элементы служат опорой для конструкций, в которых необходимо минимизировать появление трещин, например, на ограждающие стены. При этом, современные расчетные методики железобетонных конструкций в условиях их работы на кручение с изгибом в различных нормативных документах носит весьма условный характер. В связи с этим возникает необходимость в создании практических расчетных методик, которые позволят определить раскрытия в железобетонных конструкциях, подвергающихся одновременному воздействию кручения и изгиба.

В элементах, одновременно подверженных изгибу с кручением за счет кручения возникают крутящие и сжимающие напряжения. В теле конструкции данные напряжения перпендикулярны друг другу и действуют под углом 45 градусов по отношению к продольной оси железобетонного элемента. Если спроецировать данные напряжения на горизонтальную ось, можно увидеть, что величина сжимающих напряжений преобладает над величиной растягивающих, так как значение растягивающих напряжений равно  $R_{bt}$ , в тоже время, значение сжимающих напряжений больше в 2 раза, что позволяет предположить, что образование трещин в зоне, растянутой от действия изгибающего момента, не должно зависеть от крутящего момента [1].

За счет появления в элементе сжатой зоны в процессе изгиба, вероятность появления наклонных трещин снижается, так как действие крутящего момента нивелируется изгибающим моментом. В то же время, на боковых гранях элемента возникают наклонные трещины,

возникающих за счет действия крутящего момента. На площадке расположения наклонных трещин, впоследствии, будет опираться поперечная сила. Возникающий эффект может являться обоснованием предположения, что в процессе появления наклонных трещин в элементе, поперечная сила не будет являться причиной их возникновения в элементе. [1].

Для обоснования текущих предположений можно составить систему расчетных уравнений на основе расчетной схемы, в которой будет проведено 2 сечения, благодаря которым можно рассмотреть работу 2 разных блоков железобетонного элемента в изоляции от конструкции. Если провести сечение в месте образования пространственной трещины, то отсеченная часть будет находиться в равновесии за счет одинаковых значений от внешней нагрузки и внутренних усилий, возникших за счет отсечения одной из частей.

Если же использовать сложное пространственное сечение, построенное за счет перехода от вертикального сечения к трещине в сжатой зоне, расположенной в конце пространственной трещины, то можно изолировать второй блок, находящийся в припорной зоне, в котором уже сумма моментов от внешней нагрузки и от внутренних сил, будет равняться 0. При дальнейшей математической обработке можно определить множество математических уравнений, решением которых будет являться сечение, в котором будет наблюдаться минимум несущей способности и наибольшая вероятность возникновения трещин от совместного действия изгиба и крутящего момента. (Рис. 1)

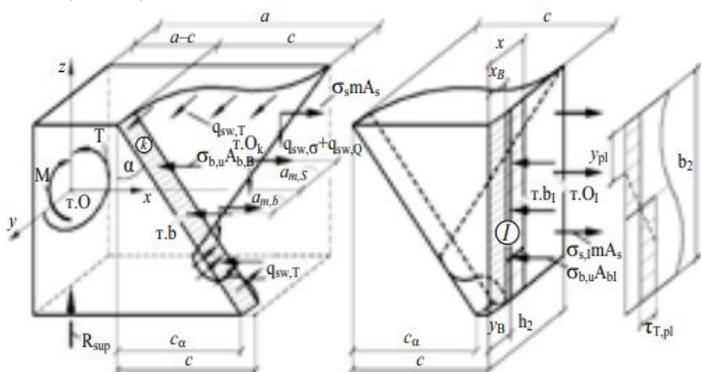


Рис. 1. Расчетная схема сопротивления железобетонной конструкции при совместном действии изгибающего момента, крутящего момента и поперечной силы.

Для обоснования ранее предложенных гипотез с экспериментальной точки зрения, были обработаны данные, полученные в исследованиях [2–3]. В опытах использовано 118 балок, из которых 110 имели предварительное напряжение.

В данных исследований стояла задача определить зависимость между изгибающим и крутящим моментом, а также определить области, в которых разные моменты оказывают наибольшее влияние на возникновение трещин. Для этого, в процессе анализа работы различных балок вводились предположения: 1) для всех образцов предполагалось появление трещин только от крутящих моментов, значение которых определялось теоретическим путем; 2) для всех образцов предполагалось появление трещин только от изгибающих моментов, значение которых определялось также, используя методику, прописанную в нормативной документации; 3) используя полученные значения был построен график взаимодействия отношений  $T_{M_{cpc}}^{ex} / T_{cpc}$  и  $M_{T_{cpc}}^{ex} / M_{cpc}$  (рис. 2) [2, 4].

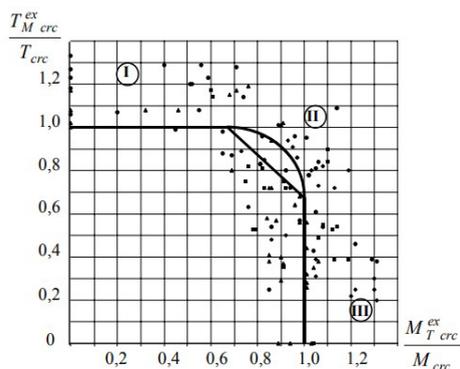


Рис. 2. График взаимодействия отношений по опытам Д. Х. Касаева, Г. В. Мурашкина, Р. Эванса, В. Гангарао, П. Зиа

На основании анализа графика выделяются три характерные области:

первая — область, где преобладает воздействие кручения при наличии изгиба;

вторая — область, где изгиб и кручение проявляются совместно;

третья — область, где преобладает изгибающий момент при наличии кручения.

В первой области процесс образования трещин определяется в основном крутящим моментом, при этом влияние изгиба не способствует ускорению трещинообразования.

Во второй зоне фиксируется совместное влияние изгибающего и крутящего моментов.

В третьей области устойчивость к трещинообразованию определяется лишь действием изгиба, тогда как кручение практически не оказывает влияния [5, 6].

Чтобы численно разграничить полученные зоны, был введен дополнительный параметр  $\psi$  [2], который включал в себя соотношение между действующими изгибающим и крутящим моментами и моментами инерции относительно главных осей.

В балках со значениями параметра  $\psi < 0,65$  возникновение и раскрытие трещин обусловлена действием крутящего момента. В данной области отношение  $T_{сгс} / T_{ех}$  было близким к единице или превышало её.

Для элементов со значениями параметра  $\psi$  в диапазоне  $0,65 \dots 0,95$  отмечалось совместное влияние кручения и изгиба; при этом значения отношений  $T_{сгс} / T_{ех}$  и  $M_{сгс} / M_{ех}$  были меньше единицы.

Наконец, в образцах с  $\psi > 0,95$  поведение отношения  $M_{сгс} / M_{ех}$  соответствовало тому, что наблюдалось при испытаниях, где действовал только изгибающий момент [1].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касаев Д.Х. Прочность элементов железобетонных конструкций при кручении и изгибе с кручением. - Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 2001. 175 с.

2. Касаев Д.Х. Исследование предварительно напряженных элементов, разрушившихся от изгиба с кручением ранее образования пластического шарнира: Дис... канд. техн. наук. М., 1971. 117 с.

3. Сальников А.С., Колчунов Вл.И., Яковенко И.А. Расчетная модель образования пространственных трещин первого вида при кручении с изгибом // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 35–40

4. Колчунов В. И., Поветкин М. С., Меркулов Д. С. Результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций составного сечения//Известия Юго-Западного государственного университета. 2009. №3/6. С. 67-74

5. Меркулов С. И. Верификация методики испытаний железобетонного элемента при изгибе с кручением в условиях

длительной эксплуатации / С. И. Меркулов, Л. А. Сулейманова, С. М. Есипов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 12. – С. 37-46.

6. Меркулов С. И. Изгиб с кручением в крайних ригелях каркасно-связевой системы зданий / С. И. Меркулов, С. О. Кашуба, Э. Е. Родина // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова – Белгород: БГТУ им. Шухова, 2024. С. 79-84.

**УДК 666.94**

***Ньямитамбу М.***

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ЦЕЛЬЮ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ**

Для жилых домов выбор конструктивной несущей системы и соответствующих конструктивно-технологических решений определяется, в первую очередь, количеством этажей и его высотой [1]. С увеличением высоты зданий возрастает нагрузка на вертикальные несущие элементы, что вызывает развитие размеров их сечений и необходимость конструирования более надежных узловых соединений.

Для многоэтажных гражданских зданий в основном применяются пространственные рамно-связевые каркасы, выполняемые как в сборном, так и в монолитном или сборно-монолитном железобетоне [2]. При этом сборно-монолитный каркас является надежным и практичным вариантом несущего каркаса для жилых многоэтажных зданий.

Исходя из конструктивной системы здания и применяемых конструктивных элементов, выбирают типы узлов их соединения. Узлы соединения элементов каркаса проектируются с целью восприятия статических и динамических нагрузок, и воздействия внешних факторов как, например, температуры. При проектировании, также важно учитывать работу узлов с точки зрения влияния эксплуатационных характеристик, таких как герметичность, теплоизоляция, водонепроницаемость [2].

Узлы соединения сборных и монолитных железобетонных элементов должны быть прочными, надёжными и соответствовать строительным нормам для обеспечения передачи нагрузок (вертикальных, горизонтальных, изгибающих моментов) и создания единой жёсткой системы.

Рассмотрим сборно-монолитный железобетонный каркас, представленный в серии Б1.020.1-7 (Сборно-монолитная каркасная система МВБ-01 с плоскими перекрытиями для зданий различного назначения), стандартное конструктивное решение которого предусматривает применение сборных железобетонных многопустотных плит, объединённых в групповую ячейку с помощью монолитных ригелей, опирающихся в свою очередь на специально устроенные при их изготовлении проёмы в сборных железобетонных колоннах [2, 3]. Высота монолитных ригелей и сборных плит перекрытия принята одинаковой. Арматурные пространственные каркасы монолитных ригелей пропускаются в обоих направлениях через проёмы в колоннах среднего ряда. Соединение монолитных ригелей с торцевыми сторонами сборных плит перекрытия происходит за счёт устройства в их открытых пустотах бетонных шпонок длиной 100 мм. Сопряжение монолитных ригелей с продольными сторонами плит происходит за счёт небольших по глубине шпонок круглого сечения.

В рассматриваемом сборно-монолитном каркасе наиболее ответственными элементами, отвечающими за его надёжность и безопасность в течение всего срока службы здания, являются шпоночные бетонные узлы сопряжения монолитных ригелей и сборных плит. При этом наибольшую опасность для таких соединений могут представлять динамические импульсные воздействия, вызванные, например, падениями с высоты более 2 м тяжёлых грузов на перекрытие, взрывами бытового газа в помещениях или другими аналогичными причинами. Даже частичное разрушение несущих бетонных шпонок может привести к прогрессирующему обрушению перекрытий сразу на нескольких нижележащих этажах, что нельзя допускать на этапе эксплуатации любого объекта строительства [4].

Ещё одним недостатком белорусской серии Б1.020.1-7 является наличие вблизи колонн зон сопряжения монолитных ригелей со сборными плитами перекрытия в виде несущих бетонных шпонок. Эти шпоночные соединения фактически являются рабочими швами в перекрытиях, устройство которых согласно СП 70.13330. 2012 (Несущие и ограждающие конструкции) без специального обоснования запрещается. Это объясняется тем, что вблизи колонны возникает

значительная по величине поперечная сила, действующая на бетонные шпонки, что может вызвать их разрушение как при длительных статических, так и при относительно небольших динамических воздействиях на данный участок перекрытия (эффект продавливания).

Так как сборно-монолитные железобетонные каркасы рассматриваемого типа ещё недостаточно исследованы, в том числе нет достаточного объёма экспериментальных данных [4], которые бы служили основой для их надёжного проектирования [5], то возникает необходимость их совершенствования.

Для устранения перечисленных выше недостатков предлагается вариант совершенствования сборно-монолитного каркаса, в котором применяются сборные железобетонные колонны с проёмами (как в белорусской серии Б1.020.1-7) и сплошное монолитное перекрытие с так называемыми «скрытыми ригелями», устроенными между колоннами [6].

Монолитная плита при «квадратной» сетке колонн имеет практически одинаковую изгибную жесткость в двух направлениях, что является достаточно значимым конструктивным показателем.

В предлагаемом варианте предусмотрено армирование монолитной плиты, при котором основная рабочая арматура между колоннами в зоне расположения «скрытого ригеля» имеет повышенный процент армирования. Из этой арматуры с помощью хомутов формируют пространственные каркасы (рис. 1). Поперечная арматура, включая наклонные отгибы, будет без особых проблем воспринимать поперечные силы, возникающие вблизи колонн как в статическом, так и в динамическом виде.

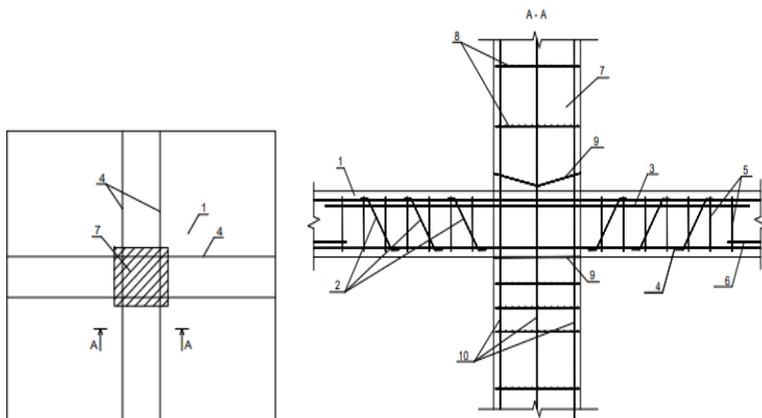


Рис. 1 - Узел примыкания монолитной плиты перекрытия к колонне:  
1 - монолитная плита перекрытия; 2 - отгибы (наклонная арматура);

3 - верхняя продольная арматура «скрытого ригеля»; 4 - условная рабочая арматура «скрытого ригеля»; 5 - хомуты; 6 - нижняя продольная арматура плиты; 7 - сборная колонна; 8 - сварные арматурные сетки колонны; 9 - стальной лист для формирования проёма в сборной колонне; 10 - рабочая продольная арматура колонны

В средних зонах ячеек каркаса перекрытия армируют только понизу одной сеткой с минимальным количеством арматуры [6].

Эта схема армирования больше соответствует распределению усилий, действующих в монолитной плите перекрытия, так как рабочая арматура расположена по линиям действия максимальных изгибающих моментов и поперечных сил.

С учетом конструктивно-технологических особенностей, можно увеличить скорость возведения и надежность здания в целом. При этом устраняется опасность появления эффекта прогрессирующего обрушения здания [4]. Появляется возможность смонтировать все (если здание небольшое в плане), либо большую часть сборных железобетонных колонн одного этажа за один день. В свою очередь, монолитное перекрытие обладает повышенной прочностью и меньшей деформативностью [6].

Предложенный вариант сопряжения сборных колонн с монолитным перекрытием является более надежным чем аналогичный узел, представленный в серии Б1.020.1-7, что положительно сказывается на показателях надежности здания в целом.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ньямитамбу, М. Аналитический обзор существующих конструктивно-технологических решений монолитных, сборных и сборно-монолитных каркасных гражданских зданий / М. Ньямитамбу // IX Международный студенческий строительный форум – 2024: Сборник докладов, Белгород, 29 ноября 2024 г. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 203-208.

2. Египко, В. В. Современные архитектурно-строительные системы зданий и пути повышения эффективности жилищно-гражданского строительства / В.В. Египко, Л.В. Соколовский, А.И. Мордич // Архитектура и строительство.– 1995.– №4.– С. 4–7.

3. Комаров, В. А. Сборно-монолитные узлы сопряжения несущих конструкций каркасов многоэтажных зданий: особенности деформирования, трещинообразования и разрушения / В. А. Комаров, С.

Н. Ласьков // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 3(56). – С. 136-143.

4. Бондаренко, В.М. Конструкционная безопасность каркасов жилых зданий / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов, Е.Д. Воробьев [и др.] // Бюллетень строительной техники.– 2004.– №1.– С. 8...11.

5. Симбиркин, В.Н. Проектирование железобетонных каркасов многоэтажных зданий с помощью ПК STARK ES [Электронный ресурс]. URL: <https://elima.ru> (Дата обращения 10.05.2025)

6. Никулин, А.И. Методы расчета и защиты монолитных железобетонных конструкций безригельных каркасов многоэтажных зданий при аварийных воздействиях / А.И. Никулин, С.В. Коуркин // Инженерный вестник Дона.– 2023.– № 1 (97).– С. 309-321.

**УДК 69.059.32**

**Палий А.К.**

**Научный руководитель: Маерина И.Н.**

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России  
Б.Н. Ельцина г. Екатеринбург, Россия*

## **КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА И УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОЙ САНАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА МАТЕРИАЛОВ**

Критическое состояние трубопроводных сетей в России требует принципиально новых решений для восстановления инфраструктуры. Согласно последним данным [1], более 65% водопроводных и 50% канализационных сетей достигли предельного износа, что создает серьезные технологические и экологические риски. Традиционные методы ремонта, основанные на раскопках и полной замене труб, демонстрируют ряд существенных недостатков: высокую стоимость работ, длительные сроки реализации и значительное нарушение городской среды [10].

В данной работе представлено инновационное решение, объединяющее преимущества бестраншейного ремонта с системой полной утилизации отходов, что позволяет создать замкнутый производственный цикл [5].

Разработанная технология основана на трех ключевых элементах: усовершенствованной системе роботизированной санации с УФ-отверждением полимерных композитов [6], инновационном подходе к

ферментативному разложению органических компонентов [9] и многоступенчатой системе сепарации и переработки остаточных материалов [4]. Такой комплексный подход не только обеспечивает высокое качество восстановления трубопроводов, но и соответствует принципам устойчивого развития [13], предлагая экономически эффективное решение актуальной проблемы модернизации коммунальной инфраструктуры.

Технология роботизированной санации трубопроводов

В основе метода лежит усовершенствованная технология CIPP (Cured-In-Place Pipe) с ультрафиолетовым отверждением, адаптированная для работы в условиях российских коммунальных сетей [2].

Подготовительный этап начинается с тщательной диагностики состояния трубопровода [14]. Специальный инспекционный робот, оснащенный 4К-камерой с оптической стабилизацией и лазерным профилометром, проводит детальное сканирование внутренней поверхности трубы. Данные обрабатываются в реальном времени с использованием алгоритмов компьютерного зрения, что позволяет построить точную 3D-модель дефектов с точностью до 0,1 мм [3].

Этап механической подготовки осуществляется с помощью самоходного очистного робота, оснащенного роторной системой с регулируемой частотой вращения (0-3000 об/мин) [8]. Уникальная конструкция скребков из карбида вольфрама позволяет эффективно удалять как минеральные отложения, так и коррозионные наслоения [7]. Особое внимание уделяется зонам стыков и соединений, где устанавливаются специальные щеточные насадки с подачей очищающего геля.

Процесс нанесения полимерного состава выполняется специализированным манипулятором с 8 степенями свободы [6]. Разработанный полимерный композит [5] подается через многосопловую систему с точным температурным контролем ( $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Особенностью процесса является использование технологии послойного нанесения: базовый адгезионный слой толщиной 0,3-0,5 мм; основной структурный слой с армирующими волокнами; финальное защитное покрытие с антифрикционными свойствами. Каждый слой наносится с точным дозированием, что контролируется встроенными ультразвуковыми датчиками толщины [4].

Система УФ-отверждения представляет собой модульную конструкцию из 12 излучателей с водяным охлаждением [6]. Интеллектуальная система управления автоматически регулирует:

интенсивность излучения, температурный режим, скорость перемещения, угол охвата.

Процесс полимеризации сопровождается постоянным мониторингом степени отверждения с помощью ИК-спектрометрии [12]. При достижении 95% степени конверсии система автоматически переходит к следующему участку.

Для трубопроводов диаметром более 300 мм применяется дополнительная система центровки с электромагнитными стабилизаторами, гарантирующая равномерность покрытия по всему периметру [2].

Технология утилизации трубных отходов

Разработанная система переработки демонтированных трубных конструкций представляет собой замкнутый технологический цикл, обеспечивающий полное вовлечение отходов в повторное использование [10]. Процесс утилизации начинается сразу после завершения санационных работ, когда роботизированный комплекс извлекает фрагменты старых труб через смотровые колодцы [6].

Первичная обработка начинается с предварительного дробления крупногабаритных элементов [8]. Для этого применяется мобильная щековая дробилка с гидравлическим приводом, оснащенная системой магнитной сепарации [7]. Уникальная конструкция дробящих плит из марганцовистой стали позволяет перерабатывать трубы, доводя материал до фракции 50-80 мм [11]. Одновременно происходит отделение металлических включений - система автоматически сортирует черные (ферромагнитные) и цветные металлы, направляя их в разные накопительные бункеры [4].

Биохимическая переработка органических компонентов осуществляется в специальных реакторах шнекового типа [9]. Разработанный ферментный коктейль содержит оптимизированную комбинацию протеаз, липаз и целлюлаз [9]. Особенностью процесса является трехступенчатая система активации ферментов. Продолжительность цикла составляет 4,5-5 часов [10].

Глубокая сепарация продуктов переработки осуществляется на многоступенчатой сортировочной линии [3]. На первом этапе вихретоковый сепаратор извлекает металлические включения [4]. Далее воздушный классификатор разделяет материал по плотности [12]. Завершающей стадией является флотационная очистка с чистотой продуктов до 98,5% [9].

Финальная переработка каждой фракции имеет свои особенности: металлические компоненты направляются в индукционные печи для переплавки по ГОСТ 4832-2018 [11]; полимерные остатки после

дополнительного измельчения поступают в двухшнековый экструдер, где при 180-220°C формируются гранулы для производства технических изделий [4]; минеральная составляющая смешивается с вяжущими добавками и подвергается вибропрессованию, образуя строительные блоки марки М150 [7].

#### Контроль качества

Система контроля качества технологии ремонта и утилизации трубопроводов представляет собой структуру, обеспечивающую соответствие восстановленных трубопроводов требованиям ГОСТ Р 58338-2019 и СНиП 3.05.04-85 на всех этапах технологического процесса.

Перед началом работ проводится комплексная проверка используемых материалов. Полимерный состав тестируется на вязкость с использованием капиллярного вискозиметра при температуре 25°C, времени желатинизации по методу ГОСТ 26139-84 и содержании летучих веществ, которое не должно превышать 1,5%. Армирующие волокна проверяются на прочность на разрыв, которая должна составлять не менее 1200 МПа, а также на равномерность распределения по длине. Ферментные препараты проходят активностные тесты и проверку на отсутствие патогенной микрофлоры [3].

Каждая партия перерабатываемых материалов проходит контроль утилизационных процессов, который включает радиометрический контроль с допустимым фоном не более 0,25 мкЗв/ч, химический анализ на содержание тяжелых металлов и проверку эффективности ферментативного разложения, где остаточная органика должна составлять не более 5%. После завершения работ проводятся приемочные испытания, включающие гидравлические испытания.

Система корректирующих действий предусматривает автоматическую остановку процесса при отклонениях, алгоритмы переработки бракованных участков и протоколы повторного нанесения покрытия. Статистический контроль качества осуществляется с применением методов Шухарта, что позволяет отслеживать стабильность технологических параметров, динамику показателей по различным объектам и прогнозировать долговечность покрытий.

После завершения ремонтных работ целесообразно проводить диагностику с помощью эндоскопического обследования, оснащенного 4К-камерой, что позволит автоматически распознавать дефекты. Гидроиспытания с поэтапным повышением давления также помогут выявить возможные утечки [1].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 13.02.2020 № 294-р. – М., 2020. – 87 с.
2. ГОСТ Р 58338-2019 Технологии бестраншейного строительства и ремонта инженерных сетей. – Введ. 2020-07-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 45 с.
3. Международный опыт реконструкции трубопроводных систем / под ред. В. П. Иванова. – СПб.: Профессия, 2021. – 214 с.
4. ГОСТ 11262-2018 Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2019-01-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 12 с.
5. Патент РФ № 123456 Полимерный состав для ремонта трубопроводов / А. С. Петров, И. В. Сидоров ; заявитель и патентообладатель ООО "Инновационные технологии". – № 2020123456 ; заявл. 10.03.2020 ; опубл. 20.10.2022. – 8 с.
6. Технический регламент НПО "Трубопроводные системы". – М.: НПО "Трубопроводные системы", 2022. – 34 с.
7. СНиП 3.05.04-85 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стройиздат, 1985. – 56 с.
8. РД 39-132-94 Правила по ремонту магистральных трубопроводов бестраншейными методами. – Введ. 1995-01-01. – М.: ВНИИСТ, 1994. – 28 с.
9. Методические указания МУ 2.1.5.800-99 Оценка экологического ущерба. – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 15.06.1999. – М.: Минздрав РФ, 1999. – 18 с.
10. Отчет о научно-исследовательской работе "Разработка методов утилизации строительных отходов" / Минстрой РФ.–М.,2020.– 64 с.
11. ГОСТ 9.030-74 Единая система защиты от коррозии и старения. – Введ. 1975-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 24 с.
12. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы. – Введ. 2017-05-08. – М.: Минстрой РФ, 2016. – 92 с.
13. Методика расчета выбросов парниковых газов: утв. приказом Минприроды РФ от 30.06.2020 № 999. – М., 2020. – 36 с.
14. Отчеты испытаний НИИ "Теплосеть" за 2023 год / под ред. К. Л. Смирнова. – М.: НИИ "Теплосеть", 2023. – 48 с.

## **О ПРОБЛЕМАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ**

Начиная с весны 1722 года в Санкт-Петербурге по указу Петра I начали наблюдать за погодой, а спустя 150 лет появилась специальная погодная служба. В Советском Союзе с 1930 года действовала сеть аэрологических станций, то есть наблюдения за погодой идут более 300 лет и за это время накопилось огромное количество данных, в том числе касающихся снеговых нагрузок. Со временем эти данные уточнялись, а в редакции СП 20.13330.2016 приводились даже данные для отдельных городов [4]. Таким образом, можно предположить, современные нормы могут обеспечить соответствие закрепленных в них снеговых нагрузок, возможных в реальных ситуациях. На первый взгляд это действительно так – к имеющимся нормативным нагрузкам имеются коэффициенты запаса, предусматривающие возможное превышение нагрузок. В действительности состояние проблемы не так однозначно.

Значения снеговой нагрузки отличаются в различных нормативных документа. Согласно Еврокоду нормативная снеговая нагрузка для Московской области составила бы 2 кПа, что значительно больше нормативного значения, согласно действующего СП, равного 1,5 кПа. Расчетные значения снеговой нагрузки также значительно отличаются - 3,0 кПа и 2,1 кПа, соответственно [1].

Говоря о имеющихся данных в СП 20.13330 и тех, что доступны при запросе на метеостанциях, можно также сделать некоторый анализ о соответствии норм реальным данным. Так, известно, что нормативная нагрузка, закрепленная в СП 20.13330.2016, не является абсолютной величиной и имеет определенную обеспеченность. На данный момент обеспеченность расчетной нагрузки составляет 0,98, что говорит о допущении некоторого превышения снеговой нагрузки один раз в 50 лет, при этом величина превышения не регламентируется.

До изменений 2003 года в СНиП 2.01.07-85 значение расчётной снеговой нагрузки для Москва равнялось 1,4 кПа, что соответствует 1,0 кПа нормативной нагрузки. Согласно данным метеорологической обсерватории им. А.А. Михельсона фактическая нагрузка в 2003 г. для Москвы составила 2,24 кПа, что в 2 раза превышает нормативное

значение. Предсказать подобную нагрузку сложно, но нельзя исключать вероятность возникновения еще больших нагрузок.

Стоит отметить, что на основе анализа данных метеостанций, а также увеличения обеспеченности с 0,95 до 0,98 в нормах предусмотрели повышение величины снеговой нагрузки у поверхности земли. Согласно СП 20.13330.2016 с учетом изменения №2 нормативная снеговая нагрузка для Москвы выросла до 1.45 кПа, расчетная стала 2,03 кПа. Однако в 2023 году мощный циклон привел к значительному выпадению осадков, снеговая нагрузка у поверхности земли была равной 2,36 кПа [7].

Также в 2013 году в Москве была зафиксирована снеговая нагрузка у поверхности земли 2,13 кПа. То есть мы имеем 3 отдельно взятых превышения расчетного значения снеговой нагрузки у поверхности земли за 20 лет. В тоже время СП же говорит о превышении расчетного значения снеговой нагрузки 1 раз в 50 лет.

Среди множества разрушений покрытий, произошедших за последние годы, отдельно выделяют и несоответствие фактических снеговых нагрузок расчетным [2].

Развивая эту тему, можно сказать, что проблема проявляется не только в несоответствии реальным нагрузкам, но и ошибками, допущенными при эксплуатации или проектировании зданий.

Таблица 1. Годичные максимумы запаса воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок метеостанции 27338 (Кострома)

Год наблюдения	Запас воды в снеге, мм	Год наблюдения	Запас воды в снеге, мм	Год наблюдения	Запас воды в снеге, мм
1968	200	1983	119	1998	105
1969	116	1984	73	1999	102
1970	143	1985	204	2000	120
1971	95	1986	172	2001	153
1972	-	1987	104	2002	134
1973	107	1988	137	2003	105
1974	174	1989	170	2004	102
1975	110	1990	127	2005	140
1976	167	1991	80	2006	138
1977	117	1992	135	2007	70
1978	118	1993	168	2008	152
1979	143	1994	186	2009	115
1980	114	1995	129	2010	95
1981	196	1996	101	2011	168
1982	162	1997	81		

Для сравнения имеющихся метеорологических данных с отраженными в нормах приведем таблицу 1 для города Кострома, относящемуся к IV снеговому району [5].

В актуальном СП 20.13330.2016 нормативная снеговая нагрузка для IV снегового района составляет 2 кПа. При этом, в изменении №2 к нему выделены снеговые нагрузки для отдельных городов, отличные от нагрузок для снеговых районов, к которым они относятся. Так, для города Кострома, расположенного в IV снеговом районе, нормативная снеговая нагрузка составляет 1,8 кПа. Таблица выше составлена на основе данных за 43 года, что позволяет использовать ее для проверки фактической обеспеченности снеговой нагрузкой.

При ожидаемой, согласно СП, снеговой нагрузке со значением 1,8 кПа с возможным превышением 1 раз в 50 лет, мы за время наблюдения имеем фактически 4 случая превышения нормативной снеговой нагрузки для Костромы или 2 случая превышения нормативной нагрузки для IV снегового района. При этом расчетная нагрузка согласно СП будет равна 2,52 кПа, что больше фактических значений снеговой нагрузки по данным метеонаблюдений. В нынешней редакции СП20.13330.2016 снеговая нагрузка существенно выросла, что снизило вероятность превышения снеговой нагрузки и возникновения аварийных ситуаций [3].

Случаи превышения нормативного или расчетного значения снеговой нагрузки не единичны и носят скорее системный характер. Подобные превышения можно заметить во многих городах, находящихся на краях снеговых районов или в сложных, в основном горных, районах. Также для данных районов значительно различается обеспеченность снеговых нагрузок. Например, фактическая обеспеченность нормативных снеговых нагрузок для г. Воркута на 2011 год составляет 0,779, для г. Калач – 0,99, расчетных – 0,95 и 1,0, соответственно [6]. Возможен и обратный пример, когда обеспеченность выше требуемой. Подобные ситуации не единичны и требуют тщательного изучения. В то же время можно заметить, что нормы обновляются с некоторой задержкой относительно поступающих данных о снеговой нагрузке.

По результатам исследования был сделан вывод о необходимости доработки норм. Подобная потребность возникает раз в несколько лет и связана с накоплением данных о снеговой нагрузке. Стоит рассмотреть возможность таких вариантов решения проблемы, как уточнение данных для отдельных городов, или, затрагивая свод правил в целом, пересмотр значений снеговых нагрузок и их обеспеченности, а также членения на снеговые районы.

Действительно важной проблемой на данный момент можно выделить низкий уровень цифровизации данных карт, что на практике приводит к сложностям в определении принадлежности к снеговым районам населенных пунктов, находящихся на их стыке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А. К оценке технического состояния металлических конструкций каркасных систем производственных корпусов свинокомплексов / Г.А. Смоляго, С.В. Дрокин, А.П. Белоусов [и др.] // Наука и инновации в строительстве: (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород: изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2017. – Том 2. – С. 36-40.

2. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. Научное издание. / М.: Издательство АСВ, 2010. - 384 с.

3. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание, с Изменением N 1) / Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* / Министерство строительства и жилищнокоммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2018. – 73 с.

5. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В., Пичугин С.Ф. Основы метода расчетных предельных состояний / М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательство АСВ, 2019-240 с.

6. Пшеничкина В.А., Сухина К.Н., Бабалич В.С., Сухин К.А. Оценка остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций эксплуатируемых промышленных зданий: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 176 с.

7. Справка об ожидаемом характере весеннего половодья 2023 года на реках Российской Федерации и предварительный прогноз притока воды в крупные водохранилища во втором квартале / ФГБУ «Гидрометцентр России» / РОСИГИДРОМЕТ, 2023

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Технологические преобразования в строительной сфере определяют вектор развития отрасли и качество конечного продукта. Современные инновации направлены на повышение эффективности строительного процесса, улучшение эксплуатационных характеристик объектов и минимизацию воздействия на окружающую среду. В данном исследовании рассматриваются ключевые направления модернизации строительной отрасли, их практическое применение и потенциальные возможности развития.

Экологичное строительство и ресурсосберегающие технологии становятся приоритетным направлением в современном строительстве. Внедрение ресурсосберегающих технологий позволяет существенно снизить энергопотребление зданий и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. К числу таких решений относятся:

- Системы альтернативной энергетики (солнечные батареи, ветрогенераторы);
- Технологии водосбережения (системы сбора и очистки дождевой воды);
- Энергоэффективные ограждающие конструкции;
- Использование возобновляемых источников энергии;
- Применение материалов с низким углеродным следом.

Цифровизация строительного производства представляет собой комплексную трансформацию отрасли, основанную на внедрении информационных технологий на всех этапах жизненного цикла объекта. Ключевым элементом цифровой трансформации является информационное моделирование зданий (BIM-технологии), которое коренным образом меняет подходы к проектированию, строительству и эксплуатации объектов. Преимущества цифровизации включают:

- Возможность создания детальных 3D-моделей на всех этапах строительства;
- Оптимизацию процессов планирования и координации работ;
- Автоматизацию документооборота;
- Прогнозирование эксплуатационных характеристик;

- Снижение вероятности проектных ошибок.

Механизация строительных процессов представляет собой одно из наиболее перспективных направлений развития современной строительной отрасли. Внедрение автоматизированных систем и робототехнических комплексов позволяет существенно повысить производительность труда, сократить сроки реализации проектов и улучшить качество выполняемых работ.

Современные решения в области автоматизации:

- Роботизированные системы кладки кирпича;
- Автоматизированные бетоноукладчики;
- Дроны для мониторинга строительных площадок;
- 3D-принтеры для создания строительных конструкций;
- Автономные транспортные средства для перемещения материалов.

Инновационные материалы представляют собой новое поколение строительных решений, основанных на передовых научных разработках. Их применение позволяет существенно повысить эффективность строительного производства и эксплуатационные характеристики возводимых объектов. Передовые материалы существенно расширяют возможности современного строительства:

- Самовосстанавливающиеся бетоны с бактериальными добавками;
- Аэрогели для теплоизоляции;
- Биопластики на основе растительных компонентов;
- Световозвращающие материалы;
- Композитные конструкции с улучшенными характеристиками.

Умные строительные системы представляют собой комплекс интегрированных технологий, позволяющих создавать адаптивные здания с автоматизированным управлением всеми инженерными системами. Это новое поколение строительных решений, основанное на принципах цифровизации и автоматизации. Такие технологии позволяют создавать здания с адаптивными характеристиками:

- Системы “умного” управления микроклиматом;
- Автоматизированные системы безопасности;
- Энергоэффективные системы освещения;
- Интеллектуальные системы мониторинга состояния конструкций;
- Автоматизированные системы управления инженерными сетями.

Дальнейшее развитие умных систем будет направлено на создание полностью автономных зданий с самообучающимися алгоритмами управления, способных адаптироваться к любым условиям эксплуатации и обеспечивать максимальный комфорт для пользователей при минимальных затратах ресурсов.

Экономическая эффективность инновационных решений в строительстве проявляется в комплексной оптимизации всех аспектов производственной деятельности. Внедрение современных технологий позволяет достичь существенного снижения затрат, повышения качества и надежности, роста инвестиционной привлекательности и создания новых возможностей для развития бизнеса. Экономическая эффективность инновационных решений проявляется в следующих аспектах:

- Сокращение сроков строительства;
- Снижение материалоемкости;
- Уменьшение эксплуатационных затрат;
- Повышение качества строительных работ;
- Оптимизация затрат на обслуживание объектов.

Модернизация строительной отрасли является ключевым фактором развития современного градостроительства. Внедрение инновационных технологий позволяет не только повысить эффективность строительного процесса, но и создавать объекты, отвечающие современным требованиям экологичности, комфорта и безопасности. Дальнейшее развитие отрасли будет направлено на интеграцию передовых технологических решений, что приведет к появлению новых строительных стандартов и методик.

Особое внимание в будущем будет уделяться:

- Развитию модульного строительства;
- Внедрению технологий “умных” материалов;
- Созданию автономных строительных комплексов;
- Разработке систем предиктивной аналитики;
- Интеграции строительных процессов с городской инфраструктурой.

Таким образом, инновационные преобразования в строительной отрасли носят комплексный характер и затрагивают все этапы строительного процесса – от проектирования до эксплуатации готовых объектов. Успешная реализация перспективных технологий позволит создать новую парадигму строительства, основанную на принципах эффективности, экологичности и устойчивого развития.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин, В. Н. (2021). Устойчивое строительство и зелёные технологии. Москва: Стройинформ.
2. Дёмин, Ю. С. (2020). Аддитивные технологии и их применение в строительстве. Журнал Строительная наука, 6(3), 45-53.
3. Лебедев, С. М. (2021). Новые строительные материалы и их перспективы. Журнал Современное строительство, 8(1), 23-31.
4. Иванов А.В. Инновационные технологии в строительстве. - М.: Стройиздат, 2024. - 256 с.
5. Петров С.А. Цифровизация строительного комплекса. - СПб.: Питер, 2024. - 312 с.
6. Сидоров Н.П. Экологические аспекты современного строительства. - М.: АСВ, 2024. - 184 с.
7. Смирнов Д.В. Автоматизация строительных процессов. - М.: Стройинформ, 2024. - 216 с.
8. Николаев Е.И. Современные строительные материалы. - М.: Архитектура-С, 2024. - 288 с.

УДК 69

*Пашков Г.А., Погореленко К.А.*

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

### **ЗНАЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ В УРЕГУЛИРОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ, ГОРОДСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПРОБЛЕМ**

Наиболее распространенными и типичными объектами модернизации выступают жилые сооружения, эксплуатируемые на протяжении 50-100 лет и более, которые формируют существенную долю жилищного фонда мегаполисов государства. Значительная часть из них представляет собой основательные многоэтажные конструкции, соответствующие техническим требованиям для продолжительного использования. Особую градостроительную ценность представляют их эстетические и архитектурные характеристики. Уникальный внешний вид старинных жилых строений существенно, а порой и определяющим образом влияет на создание неповторимого облика исторических городских районов, в частности центральных зон населенных пунктов. При этом большинство старых жилых строений характеризуется существенным физическим и моральным износом. Их модернизация

представляет собой значимую архитектурную, градостроительную и технически сложную задачу.

Модернизация отдельных жилых строений, демонтаж устаревших конструкций, улучшение жилой инфраструктуры должны составлять целостный процесс обновления городского жилищного фонда. Для реализации модернизации критически важно идентифицировать в текущем жилищном фонде района здания, которые с градостроительной точки зрения и по своему техническому состоянию целесообразно сохранять на длительный срок. В связи с этим возникает потребность в предварительном обследовании жилых строений перед их последующей модернизацией.

Специфика модернизации центральных районов мегаполисов заключается в максимальном сохранении существующей застройки, пригодной к дальнейшему использованию.

Модернизация жилищного фонда должна осуществляться комплексно, учитывая генеральный план развития населенного пункта. Разработка комплексной модернизации жилых районов осуществляется в три этапа:

1. Исследование существующей застройки и её оценка.
2. Прогнозирование содержания работ по модернизации на основании результатов обследования текущей застройки, генерального плана города и перспективных проектов на отдаленную перспективу.
3. Создание проектов модернизации жилых районов на период реализации генерального плана и за его пределами до окончательного завершения комплексной модернизации.

Модернизация жилых строений экономически оправдана, поскольку позволяет не только повысить качество жилья, но и увеличить плотность застройки, что особенно актуально при недостатке свободных городских территорий.

Формируя планы модернизации жилищного фонда районов городов с устоявшейся структурой застройки, необходимо с особым вниманием относиться к имеющимся жилым строениям и максимально учитывать потенциал их сохранения. Однако анализ опыта модернизации жилищного фонда показывает, что не каждое жилое строение целесообразно подвергать реконструкции. Работы по модернизации считаются экономически эффективными, если расходы на их выполнение не превышают 70% стоимости нового строения, за исключением случаев, когда речь идет о реставрации и восстановлении объектов, имеющих историческую или архитектурную ценность.

В современных условиях модернизация жилищного фонда становится важнейшим инструментом решения множества

градостроительных задач. Она позволяет не только продлить срок службы существующих зданий, но и существенно улучшить качество городской среды, сохранив при этом уникальный архитектурный облик исторических районов.

Особое внимание при планировании модернизации следует уделять сохранению историко-культурной ценности объектов. Здания, обладающие архитектурной или исторической значимостью, требуют индивидуального подхода к проектированию и реализации работ по их обновлению.

Эффективность модернизации во многом зависит от точности предварительного анализа технического состояния зданий и их градостроительной ценности. Современные методы обследования позволяют получить полную картину состояния конструкций и определить оптимальный объем необходимых работ.

Важным аспектом модернизации является также учет потребностей жителей реконструируемых зданий. Необходимо проводить социологические исследования и учитывать мнение жильцов при разработке проектов обновления жилищного фонда.

В перспективе развитие технологий модернизации позволит расширить возможности обновления существующего жилищного фонда, делая этот процесс более эффективным и экономически выгодным. Особое внимание будет уделяться внедрению энергосберегающих технологий и повышению экологичности реконструируемых объектов.

В структуре единовременных вложений, связанных с обновлением типовых серий, доля затрат на реконструкцию составляет 59-60%. Оставшиеся ресурсы направляются на преодоление морального устаревания и решение ключевой задачи - повышение качества жилищных условий.

Результативность обновления сооружений оценивается путем сопоставления социально-экономических итогов с необходимыми инвестициями (оптимизация жилищных условий, совершенствование социально-культурного обслуживания населения, ликвидация физического износа, сокращение эксплуатационных издержек).

Оптимизация жилищных условий граждан подразумевает модернизацию планировочных решений квартир с учетом односемейного заселения после обновления, а также доведение объектов до современных стандартов комфортности проживания (оборудование ванных комнат или душевых, систем горячего водоснабжения, лифтового хозяйства и прочих удобств). Объем

необходимых мероприятий варьируется в зависимости от степени физического и морального износа строения.

Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности обновления полносборных конструкций при таком уровне износа, который не требует существенных ресурсных вложений на его устранение.

Сравнительный экономический эффект модернизации целесообразно устанавливать путем сопоставления альтернатив: возведения нового объекта и обновления существующего.

Экономическая целесообразность модернизации определяется через сопоставление приведенных затрат (с учетом эксплуатационных расходов) в обновляемом сооружении и новом объекте-аналоге, возводимом на месте существующего здания, подлежащего модернизации.

Существенным элементом методики проектирования обновления жилых сооружений является анализ имеющегося жилищного фонда, систематизация его архитектурных, конструктивных и градостроительных особенностей, разработка рациональных решений по модернизации, накопление аналогов, создание методических материалов, типовых решений и проектной документации.

Пятиэтажные строения первых лет индустриального домостроения, предназначенные к демонтажу, освобождают территории в кварталах городской застройки. Зачастую на этих участках возводятся новые конструкции, нарушающие характер исторической застройки.

Для обоснования демонтажа строений производится оценка их стоимости. С экономической точки зрения можно обосновать демонтаж практически любого здания, однако подобное решение не всегда оправдано.

Анализ строительных характеристик, стоимости и технического состояния сооружения осуществляется на основе методик, разработанных в органах технической инвентаризации жилищного хозяйства для переоценки основных фондов.

Результатом переоценки является определение восстановительной (строительной) стоимости объекта и его действительной (балансовой) стоимости. Восстановительной именуется стоимость возведения оцениваемого сооружения в ценах, актуальных на момент расчета, без учета износа и в соответствии с техническими нормами, действующими на дату оценки. Действительная стоимость представляет собой восстановительную стоимость с учетом износа.

Для различных типов зданий установлены категории капитальности, описаны характеристики конструкций, составлены таблицы стоимости 1 м<sup>2</sup> площади, определены удельные веса конструктивных элементов, а также введены коэффициенты, учитывающие наличие или отсутствие различного оборудования. Однако существующая система оценки приводит к игнорированию всех превышающих современные нормативы “избытков” в конструкциях старых зданий, обеспечивающих повышенную долговечность, прочность и изоляционные характеристики.

В результате применяемой системы оценки все превосходящие нормативные показатели качества исторической застройки не учитываются, а с учетом износа стоимость существенно занижается. Из этого можно выделить 6 категорий капитальности для жилых зданий:

Каменные особо капитальные:

- фундаменты каменные и бетонные;
- стены каменные и бетонные;
- стены каменные (кирпичные) и крупноблочные;
- перекрытия железобетонные.

Каменные обыкновенные:

- фундаменты каменные;
- стены каменные (кирпичные), крупноблочные и крупнопанельные;
- перекрытия железобетонные или смешанные (деревянные и железобетонные), а также каменные своды по металлическим балкам.

Каменные облегченные:

- фундаменты каменные и бетонные;
- стены облегченной кладки из кирпича, шлакоблоков и ракушечника;
- перекрытия деревянные, железобетонные и каменные;
- своды по металлическим балкам.

Деревянные (рубленные и брусчатые, смешанные и сырцовые):

- фундаменты ленточные бутовые;
- стены рубленные, брусчатые и смешанные (кирпичные и деревянные), сырцовые;
- перекрытия деревянные.

Сборно-щитовые, каркасные, глинобитные, смешанные и фахверковые:

- фундаменты “на деревянных стульях” или бутовых столбах;
- стены каркасные, глинобитные и др.
- перекрытия деревянные.

Каркасно-камышитовые и прочие облегченные.

Период модернизации представляет собой кратковременный перерыв в длительном цикле эксплуатации здания, и использование сооружения в этот период не осуществляется, поэтому сопоставление эксплуатационных затрат здания, находящегося в процессе модернизации, с экономической точки зрения нецелесообразно.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мешечек В.В., Матвеев Е.П. Пособие по оценке износа жилых и общественных зданий. - М., 1999.- 47 с.
2. Блех Е.М. Экономические проблемы морального износа и модернизации жилых зданий. - М., 1985.-108 с.
3. Шепелев Н.П., Шумилов М.С. Реконструкция городской застройки. - М., 2000. - 271 с.
4. Кутуков В.Н. Реконструкция зданий. - М., 1981. - 261 с.

### **УДК 69**

*Погореленко К.А., Паишков Г.А.*

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

## **ПЕРЕДВИЖНЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Портативные основания повторного применения являются новаторским решением в сфере возведения кратковременных и оперативно монтируемых построек и объектов. Данная разновидность оснований дает возможность существенно уменьшить период строительства, сократить расходы и обеспечить вероятность неоднократного задействования конструкций. Востребованность использования портативных оснований определяется увеличивающимся спросом на модульные и оперативно возводимые постройки в разных секторах, охватывая создание временных жилищных комплексов, рабочих помещений, коммерческих точек и производственных сооружений.

Исключительную важность подобные основания обретают при формировании пунктов временного пребывания граждан в экстренных ситуациях. В данный момент имеется несколько ключевых разновидностей портативных оснований, допускающих повторное применение. Одним из наиболее популярных считаются спиральные

опоры. Они представляют собой стальные конструкции, включающие стержень и лопасть, которые погружаются в почву способом вкручивания. Спиральные опоры обладают множеством достоинств, таких как оперативность установки, возможность разборки и повторного задействования, отсутствие потребности в масштабных земляных операциях, а также способность монтажа в любой сезон. Эта разновидность основания особенно результативна на песчаных и заболоченных грунтах, а также на участках с существенным перепадом высотных отметок.

Иной распространенной вариацией портативных оснований выступают разборные блочные фундаменты. Они формируются из отдельных бетонных или железобетонных элементов, которые могут быть без труда смонтированы и демонтированы.

Главными преимуществами этой вариации оснований являются возможность стремительного монтажа и демонтажа, многоразовое использование компонентов, а также приспособляемость к различным почвенным условиям. Разборные блочные основания зачастую задействуются для одноэтажных модульных строений.

Прогрессивным решением в области портативных оснований выступают фундаментные платформы, созданные из вторично переработанного пластика. Они располагают рядом уникальных свойств, таких как малый вес (значительно меньше бетонных аналогов), стойкость к погодным воздействиям, несложность в эксплуатации и установке, а также долговременность и возможность неоднократного применения. Такие платформы способны выдерживать внушительные нагрузки (до 1000 кг на элемент) и могут использоваться для размещения контейнеров, временных офисных помещений и мобильных жилищ.

При анализе технических характеристик и параметров портативных оснований следует подчеркнуть, что спиральные опоры имеют стандартные размеры включающие диаметр стержня от 57 до 325 мм, протяженность от 1,5 до 6 м, диаметр лопасти от 200 до 500 мм, а их грузоподъемность колеблется от 5 до 150 кН. Глубина внедрения опоры зависит от характера почвы и проектных нагрузок, но обычно достигает 1,5-3 м.

Касательно разборных блочных оснований, элементы для них обычно обладают протяженностью от 1200 до 2400 мм, шириной от 300 до 600 мм и высотой от 300 до 600 мм. Вес отдельных блоков может варьироваться от 200 до 1500 кг, что позволяет осуществлять их установку с помощью компактной строительной техники. Фундаментные платформы из переработанного пластика обычно имеют

габариты от 600 до 1200 мм в длину и ширину, а их толщина составляет от 50 до 150 мм. Вес одной платформы обычно не превышает 30-50 кг, что делает их удобными для ручной установки.

При проектировании портативных оснований многократного применения требуется учитывать ряд факторов включая временный характер построек, возможность многократной сборки и разборки, а также разнообразные почвенные условия на площадках размещения. Расчет портативных оснований выполняется с учетом нагрузок, которые для одноэтажных модульных строений составляют примерно 3 т/м<sup>2</sup>, для двухэтажных – 6 т/м<sup>2</sup>, а для трехэтажных – 9 т/м<sup>2</sup>. При этом существенно обеспечить резерв прочности не менее 30% для учета вероятных динамических и ударных воздействий.

Особое внимание при разработке уделяется обеспечению сопротивляемости основания к морозному вспучиванию грунта. Для этого применяются различные способы, такие как использование непучинистых материалов обратного заполнения, создание водоотводных систем и применение теплозащитных материалов.

Процесс установки портативных оснований различается в зависимости от их типа. Для спиральных опор он охватывает разметку участка, погружение опор с помощью специализированного оборудования, выравнивание верхних частей опор по высоте и монтаж металлических наконечников или распределительной балки.

Такие основания могут оснащаться датчиками для отслеживания состояния почвы, уровня подземных вод и иных параметров, что позволит своевременно реагировать на изменения и предупреждать возможные осложнения.

Перспективные исследования в области портативных оснований также направлены на разработку гибридных решений, сочетающих преимущества различных типов конструкций. К примеру, ведутся эксперименты по созданию композитных оснований, объединяющих легкость пластиковых платформ с устойчивостью спиральных опор. Особое внимание уделяется экологическому аспекту: разрабатываются биоразлагаемые материалы для временных оснований, которые не наносят ущерба окружающей среде после завершения эксплуатации. Инженеры также исследуют возможности применения нанотехнологий для усиления прочностных характеристик материалов и создания самовосстанавливающихся покрытий, способных продлить срок службы портативных оснований.

Важным направлением становится цифровизация процессов проектирования и мониторинга портативных оснований. Внедряются системы трехмерного моделирования, позволяющие оптимизировать

размещение элементов конструкции и прогнозировать их поведение под различными нагрузками. Разрабатываются мобильные приложения для удаленного контроля состояния оснований и автоматизированного управления процессами монтажа и демонтажа.

В итоге следует отметить, что портативные основания многократного применения представляют собой результативное решение для возведения временных и быстромонтируемых строений и сооружений. Они обеспечивают существенное уменьшение сроков строительства, сокращение расходов и возможность неоднократного использования конструкций. Ключевыми разновидностями портативных оснований выступают спиральные опоры, разборные блоковые основания и инновационные фундаментные платформы из вторично переработанного пластика. Каждая из этих разновидностей обладает своими достоинствами и сферами применения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Преснов О.М., Кузнецов А.А. Мобильные фундаменты для быстровозводимых зданий // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – № 3 (67). – С. 418-425.
2. Патент РФ 2715234 С1, 26.02.2020. Мобильный фундамент многоразового использования / Иванов С.В., Петров А.Н.
3. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н. Мобильные фундаменты на основе винтовых свай // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 4 (67). – С. 46-58.
4. Тетиор А.Н. Фундаменты: учебное пособие. – М.: Академия, 2020. – 400 с.
5. Преснов О.М., Сидоров В.В. Инновационные решения в области мобильных фундаментов // Инженерно-строительный журнал. – 2021. – № 2 (102). – С. 10204.
6. Козлов А.В., Новиков Ю.А. Экономическая эффективность применения мобильных фундаментов в строительстве // Экономика строительства. – 2022. – № 1 (73). – С. 39-47.
7. Международный стандарт ISO 21650:2018 «Мобильные строительные конструкции и фундаменты. Общие технические требования».

*Пухов И.Е.*

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

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МКЭ СТЕРЖНЕВЫХ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ**

В современном строительстве обширно используются бетонные и фибробетонные конструкции, которые должны обладать высокими прочностными характеристиками для обеспечения эксплуатационной безопасности и надежности зданий. Главным аспектом проектирования данных конструкций является определение прочностных характеристик элементов при различных видах нагрузок, в том числе при действии косоуго изгиба [1,2].

Косой изгиб – это вид сложной деформации, при котором нагрузка действует под углом к оси элемента. Это приводит к более сложным напряженно-деформированным состояниям по сравнению с прямым изгибом. Определение прочностных характеристик при косом изгибе позволяет более точно рассчитать несущую способность конструкции и обеспечить их надежность [3].

Программный комплекс ЛИРА-САПР является одним из инструментов, который позволяет проводить расчеты и анализ прочностных характеристик различных видов конструкций. В основе численного эксперимента лежит методика оценки прочности косоизгибаемого фиброжелезобетонного ригеля с различным процентным содержанием стальной фибры [4].

Для численных исследований принимается однополочный тавровый ригель РВЛ-40-56а изготовленный по серии ИИ-04-3 «Железобетонные ригели для колонн сечением 400х400 мм» с пролетом 5,6 м жестко защемленный по двум сторонам и загруженный равномерно распределённой нагрузкой в 100 кН под углом 20°. Схема сечения рассматриваемого образца показана на рисунке 1.

В численном эксперименте произведено варьирование следующими исходными данными: классами бетона (В20, В25, В30); процентным содержанием фибрового волокна из стали (0,5%, 1,15%, 1,5%). В растянутой зоне ненапрягаемая продольно расположенная арматура 3Ø22 класса А400, в сжатой зоне ненапрягаемые арматурные стержни 2Ø25 класса А400.

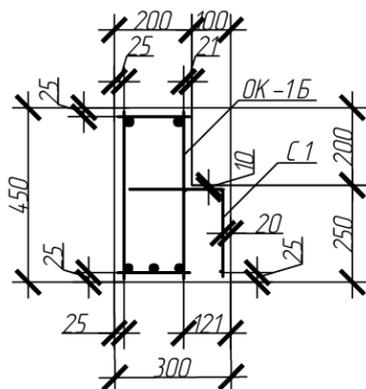


Рис. 1 Схема сечения исследуемого таврового ригеля

Итоговая численная модель сконструирована с колоннами и металлическими вставками в колоннах, которые защищают ригель от опрокидывания. На рисунке 2 представлена конечная 3D-модель численного исследования фиброжелезобетонного ригеля.



Рис. 2 3D-модель численного исследования

В расчетах использовались нормативные характеристики бетона по СП 63.13330.2018 и расчётные характеристики фибробетона по [5] общий объем рассчитанных образцов составил 12.

Основные результаты численных исследований представлены в таблице.

Таблица – Расчетные значения прочностных характеристик таврового сечения косоизгибаемых железобетонных и фиброжелезобетонных ригелей.

Характеристики материала			Результаты испытаний			
Класс бетона	Процент фибрового армирования, %	Р <sub>л</sub> , МПа	Ширина раскрытия трещин, мм	Коэфф. Запаса прочности	Mult, кН*м	Прогиб, мм
В20	0	11,5	0,30	<0,9	283,15	3,5
	0,5	16,04	0,20	0,9	340,65	3,2
	1,15	19,35	0,15	1,0	382,59	2,94
	1,5	20,56	0,12	1,08	397,92	2,94
В25	0	14,5	0,10	1,205	321,16	2,84
	0,5	19,04	0,10	1,256	378,67	2,77
	1,15	22,35	0,10	1,345	420,59	2,67
	1,5	23,56	0,10	1,401	435,92	2,63
В30	0	17,0	0,09	1,427	352,82	2,62
	0,5	21,54	0,09	1,464	410,34	2,55
	1,15	24,85	0,09	>1,5	452,26	2,48
	1,5	26,06	0,09	>1,5	467,59	2,44

Анализ полученных результатов из таблицы, позволил выявить следующие закономерности:

- фибровое армирование значительно снижает ширину раскрытия трещин. Например, для В20 при 0% трещины раскрываются на 0,30 мм, а при 1,5% только на 0,12 мм. Для более высоких классов бетона (В25, В30) ширина трещин изначально меньше и менее чувствительная к увеличению фибрового армирования;

- коэффициент запаса прочности увеличивается с ростом фибрового армирования. Для В20 он возрастает с <0,9 (0%) до 1,08 (1,5%), достигая значений >1,5 для В30 при 1,15% и 1,5% армирования стальными фибрами. Это свидетельствует о повышении надежности

конструкции при использовании фибры в условиях косоугольного изгиба;

- предельный момент ( $M_{ult}$ ) возрастает с увеличением как класса бетона, так и процента фибрового армирования. Например, для В20 увеличивается с 283,15 кН\*м (0%) до 397,92 кН\*м (1,5%). Наибольший прирост наблюдается при переходе с 0% к 0,5% армирования стальными фибрами;

- прогиб уменьшается с увеличением фибрового армирования и класса бетона. Для В20 прогиб снижается с 3,5 мм (0%) до 2,94 мм (1,5%). Это указывает на повышение жесткости конструкции при добавлении фибры.

Более высокие классы бетона (В25, В30) демонстрируют лучшие прочностные характеристики и меньшие деформации по сравнению с В20 при одинаковом проценте фибрового армирования. При этом армирование стальными фибрами наиболее эффективно для бетонов низких классов, значительно улучшая их механические свойства.

Для конструкции, где критичны трещиностойкость и жесткость рекомендуется использовать фибровое армирование от 1% и выше. Бетоны более высоких классов (В25, В30) в сочетании с фиброй обеспечивают наилучшие эксплуатационные характеристики, что особенно важно для конструкций, используемых при сложных напряженно-деформированных состояниях [6].

Для конструкций, работающих в условиях косоугольного изгиба, рекомендуется применять бетон не ниже В25 с фибровым армированием >1%. Данное сочетание обеспечивает высокую трещиностойкость, жесткость и несущую способность конструктивных элементов.

Исследование подтверждает эффективность использования фиброжелезобетона в конструкциях, подверженных косоугольному изгибу, особенно в сочетании с высокими классами бетона. Численное моделирование в ЛИРА-САПР позволило получить достоверные данные, которые могут быть использованы для проектирования надежных и долговечных строительных элементов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик Р.В., Клюев С.В. Высококачественный сталефибробетон для изгибаемых конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – №4 (159). – С. 22-25.
2. Панченко Л.А. Определение предела прочности фибробетона // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. – 2015. – №4. – С. 33-37.

3. Саркисов Д.Ю. Прочность и деформативность железобетонных элементов при косом внецентренном кратковременном динамическом сжатии, растяжении и изгибе // Вестник ТГАСУ. – 2008. – №3. – С. 134-143.

4. Соловьев С.С., Пустовалова М.Ю. Расчет тавровой балки, усиленной композитными материалами, с использованием ПК ЛИРА-САПР // Инновационная наука. – 2017. – Т. 1. №3. – С. 82-89.

5. Морозов В.И., Оплуб Э.К., Калдар-оол А.Х.Б. Сталефиброжелезобетонные конструкции в условиях сложных деформаций // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – №3 (92). – С. 21-27.

6. Манака Ж.В., Аксенов В.Н. Применение сталефибробетона в современном строительстве. Оценка эффективности использования стальной фибры в многоэтажном жилом доме // Инновационная наука. – 2019. – № 6. – С. 51-54.

**УДК 517.443**

***Рябокоть И.Р., Сенкевич А.Д.***

***Научный руководитель: Солодов Н.В., канд. техн. наук, доц.***

***Белгородский государственный технологический университет***

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

## **АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ**

Балки, как горизонтальный элемент каркасов зданий и сооружений, имеют самое широкое распространение в строительной сфере. Устойчивость балок при плоском изгибе является одним из основных факторов при оценке их несущей способности. Вопросу устойчивости балок при плоском изгибе посвящены труды многих авторов [1-6].

В настоящее время проводится поиск и исследование новых конструктивных решений изгибаемых элементов. К ним относятся: подкрановые балки, перфорированные балки, балки с гибкой и с гофрированной стенками [7,8].

Объектом исследования настоящей статьи является балка усовершенствованной конструкции с поясами из гнutoго замкнутого профиля (ГНЗ) и гофрированной стенкой. Ранее проведенные исследования [9] показывают, что такая балка имеет высокую, по сравнению с традиционной двутавровой балкой, жесткость при кручении. На основании этого можно предположить, что коэффициент

запаса по критической нагрузке при плоском изгибе балки будет выше [10]. Это свидетельствует об эффективном сохранении балкой общей устойчивости, что на практике позволит менее часто раскреплять профиль из плоскости в каркасах зданий и сооружений.

В данной статье приведены результаты численного исследования моделей балок в программном комплексе Ansys с приложением в пролете сосредоточенных нагрузок в третях пролета. Определение коэффициента запаса устойчивости производится при помощи блока Eigenvalue Buckling приложения Ansys Workbench. Из множества результатов, предоставляемых вычислительным комплексом, выбираются те, которые соответствуют общей (боковой) форме потери устойчивости.

Длина пролета составляет 4000 мм, балки закреплены шарнирно. Приложенная нагрузка  $P$  составляет 58,839 кН и передается посредством прямоугольной пластины толщиной 16мм с размером 110x170 мм. Расчетная схема представлена на рисунке 1.

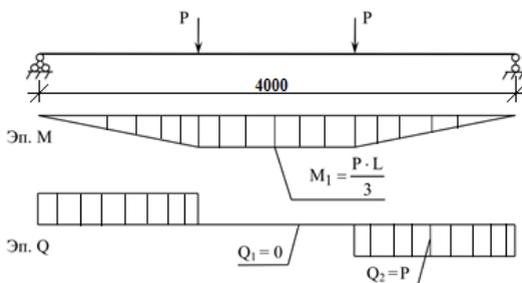


Рис. 1. Расчетная схема нагружения образцов

В качестве опытных образцов (маркировка ОБ) приняты балки со следующими параметрами:

- образец ОБ1 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм шириной 120 мм, стенку из плоского листа толщиной 4 мм с установленными по ней поперечными ребрами жесткости толщиной 4мм и шириной 58 мм;

- образец ОБ2 имеет пояса из ГНЗ 100x60x4, гофрированную стенку толщиной 1 мм с треугольной формой гофра (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50мм) и установленными в местах приложения сосредоточенной нагрузки поперечными ребрами жесткости толщиной 4мм, шириной 48 мм;

- образец ОБ3 имеет пояса из плоских листов толщиной 8 мм шириной 120 мм, две стенки из плоского листа толщиной 4 мм.

Поперечные сечения образцов представлены на рисунке 2.

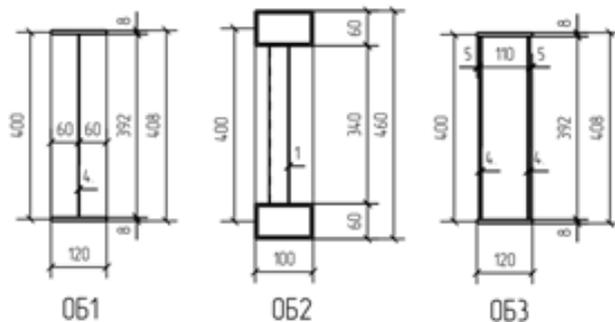


Рис. 2. Поперечные сечения образцов

Образы ОБ1 и ОБ3, предположительно, будут обладать наименьшей и наибольшей общей устойчивостью. Определив показатели ОБ2, можно сделать вывод об эффективности работы усовершенствованной балки.

При проведении численного моделирования, из нескольких форм потери общей устойчивости первым наступает потеря устойчивости верхнего пояса для всех образцов. Частный случай показан на рисунке 3.

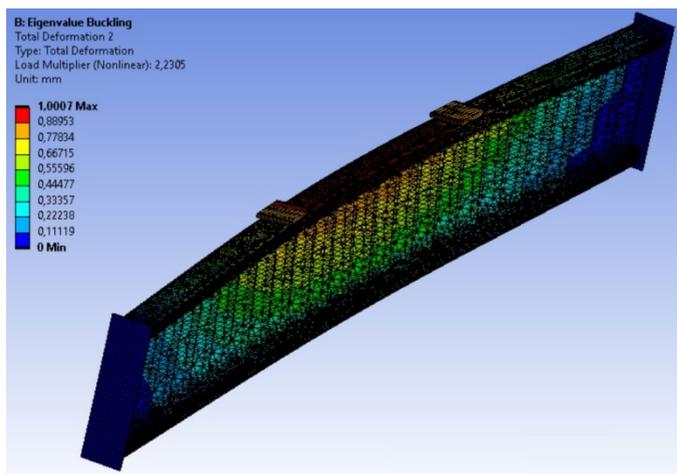


Рис. 3. Потеря общей устойчивости верхнего пояса образца ОБ2

Результаты исследования приведены в таблице.

Таблица – Результаты исследования

№	Масса, кг	нагрузка Р, кН	Коэффициент запаса устойчивости
ОБ1	124	58,839	0.35
ОБ2	100	58,839	2.23
ОБ3	174	58,839	4.03

Данные таблицы подтверждают высказанные гипотезы. Балка усовершенствованного профиля заняла промежуточное положение между традиционным двутавром и коробчатым сечением, что является хорошим результатом. Величина коэффициента запаса у образца ОБ2 в 6,37 раза больше, чем у ОБ1 и в 1,81 раза меньше, чем у ОБ3. При этом масса образца ОБ2 значительно меньше, что позволяет сделать вывод об эффективности балки усовершенствованного профиля как альтернативы применению балки коробчатого сечения при необходимости обеспечения общей устойчивости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гарифуллин М. Р., Ватин Н. И. Устойчивость тонкостенного холодногнутого профиля при изгибе-краткий обзор публикаций //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – №. 6. – С. 32-57.
2. Рыбаков В. А., Недвига П. Н. Эмпирические методы оценки несущей способности стальных тонкостенных просечно-перфорированных балок и балок со сплошной стенкой //Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №. 8. – С. 27-30.
3. Манжула К. П., Наумов А. В. Оптимизация геометрии и массы коробчатой балки с криволинейными стенками при расчете на местную устойчивость от изгибающего момента //Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – №. 4. – С. 481-487.
4. Грудев И. Д. Местная устойчивость трубы прямоугольного сечения при изгибе //Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – №. 1. – С. 103-107.
5. Злочевская О. Б. Опрокидывание двутавровой балки при изгибе за пределом упругости //Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. – 1987. – №. 2. – С. 79-82.
6. Кузин Д. А. УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛОСКОЙ ФОРМЫ ИЗГИБА БАЛКИ //Молодежь XXI века: шаг в будущее. – 2018. – С. 239-240.

7. Лаврова А. С., Притыкин А. И. Экспериментально-теоретическое исследование жесткости и устойчивости перфорированных балок с круглыми вырезами //Известия КГТУ. – 2017. – №. 46. – С. 151-162.

8. Лапина А. П. и др. Совершенствование энергетического метода в расчетах балок на устойчивость плоской формы изгиба //Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – №. 4. – С. 5-16.

9. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2022. – №. 4. – С. 75-81.

10. Силина Н. Г., Макеев С. А., Комлев А. А. Экспериментальное определение критической нагрузки опытных образцов сварной двутавровой балки с поперечно-гофрированной стенкой //Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. – 2022. – С. 451-455.

**УДК 699.8**

**Семенюк И.А.**

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КРОВЛИ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ЗДАНИЙ**

Кровля является одним из наиболее уязвимых элементов здания, подверженным воздействию атмосферных осадков, температурных перепадов и механических нагрузок. В процессе эксплуатации кровельные конструкции постепенно теряют свои защитные свойства, что приводит к необходимости проведения капитального ремонта.

Современные технологии ремонта кровель направлены не только на восстановление их функциональности, но и на повышение энергоэффективности, долговечности и экологической безопасности. В данной статье рассматриваются актуальные технологические решения, применяемые при капитальном ремонте кровель.

При капитальном ремонте кровель чаще всего сталкиваются со следующими проблемами:

– дефекты гидроизоляции – протечки, трещины, вздутия покрытий;

- ухудшение теплоизоляционных свойств – повышенные теплопотери, образование конденсата;
- механические повреждения – разрушение стяжки, деформация несущих элементов;
- устаревшие материалы – использование традиционных рубероидов и битумных покрытий, имеющих ограниченный срок службы [1, 2].

Для решения этих проблем необходимо применять современные материалы и технологии.

Одним из наиболее эффективных решений является использование ПВХ- и ТПО-мембран, которые обладают высокой прочностью, устойчивостью к УФ-излучению и длительным сроком службы (до 50 лет).

Преимущества:

- отсутствие швов (при сварке горячим воздухом);
- эластичность и устойчивость к деформациям;
- возможность укладки на старую кровлю без демонтажа.

Напыляемые гидроизоляционные покрытия. Технология напыления жидкой резины (поли мочевины, полиуретана) позволяет создавать бесшовное, долговечное покрытие с высокой адгезией к основанию.

Преимущества:

- быстрота нанесения;
- устойчивость к механическим и температурным воздействиям;
- возможность ремонта локальных повреждений;
- утепление кровли современными материалами.

Для повышения энергоэффективности применяются:

- экструдированный пенополистирол (XPS) – высокая прочность, низкое водопоглощение;
- каменная вата – негорючесть, хорошая паропроницаемость;
- PIR-плиты – повышенная теплоизоляция при меньшей толщине.

Зеленые кровли и солнечные панели. Инновационным направлением является интеграция зеленых кровель (с растительным слоем) и фотоэлектрических систем, что позволяет:

- улучшить микроклимат здания;
- снизить нагрузку на городскую инфраструктуру;
- повысить энергоэффективность за счет генерации электроэнергии [3-5].

Совершенствование технологических решений при капитальном ремонте кровель направлено на повышение их надежности, долговечности и энергоэффективности. Внедрение современных

материалов (полимерных мембран, напыляемых покрытий, высокоэффективных утеплителей) и инновационных подходов (зеленые кровли, солнечные панели) позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики зданий.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть ориентированы на разработку экологически безопасных и экономически выгодных решений для ремонта и реконструкции кровельных систем.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Косухин М.М., Зайцев К.А. К вопросу экономической эффективности формирования комфортной городской среды при реновации существующей застройки // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. С. 261-266.

2. Косухин М.М., Косухин А.М., Ковалева К.А., Горбунова А.В. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2019. С. 39-44.

3. Косухин М.М., Косухин А.М., Сватных А.В., Кузнецов А.В. Современные материалы для реализации государственной программы "Доступная среда" // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2019. С. 156-161.

4. Косухин М.М., Кузнецова Д.А., Петренко Е.Б. Потенциал энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. Белгород, 2012. С. 75-79.

5. Косухин М.М., Косухин А.М., Жихалкина В.М. Сравнительная оценка современных кровельных материалов для гражданских зданий // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. Междунар. научн. - практ. конф. Белгород, 2018. С. 163-170.

*Семькина О.С.*

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

В последнее время все больше возрос интерес к теплообмену. В свою очередь теплообмен играет ключевую роль в энергетике химических промышленностях и системах охлаждения, где их эффективность связана с энергопотреблением и экономичностью процессов.

В современной науке рассматривают несколько процессов, определяющих работу теплообмена, это - кипение и конденсация. Кипение - это превращение жидкости в пар, протекающий в виде пузырькового или пленочного режима [2]. Оно является наиболее эффективным процессом теплообмена. Конденсация, наоборот, – это превращение пара в жидкость, причем капельная конденсация считается более эффективнее, чем пленочная, так как обеспечивает лучший теплообмен. Одной из наиболее распространенных трудностей при эксплуатации теплообменников является процесс флуинга. Флуинг - это постепенное образование отложений на внутренних поверхностях оборудования. Эта проблема включает в себя накипеобразование, коррозионные процессы и загрязнения внутри теплообменника, которая в свою очередь снижает теплопередачу и увеличивает энергопотребление. Особенно быстро загрязняются теплообменники, работающие с обычной водой и химическими растворами [1].

Еще одним не менее важным фактором, который влияет на производительность теплообменных аппаратов, является соблюдение оптимальных режимов эксплуатации. Как показывает практика, снижение эффективности теплоносителя приносит как слишком быстрый, так и слишком низкий поток жидкости. Если жидкость будет течь слишком быстро, то будет увеличиваться нагрузка на насосы, а если наоборот слишком медленно, то начинает ухудшаться теплообмен, и может произойти локальное перегревание оборудования [3].

Современные подходы к оптимизации процессов кипения показывают хороший прогресс в решении данных проблем. Для лучшего кипения жидкости используют технологии модифицированных поверхностей. Они состоят из микроканалов и пористые покрытий, которые позволяют увеличить площадь теплообмена. Еще одним эффективным методом является использование наножидкостей – это теплоносители с добавлением металлических или углеродных наночастиц, которые значительно улучшают теплопроводящие свойства жидкости. В конденсационных процессах хорошие результаты получают за счет применения гидрофобных покрытий. Эти улучшенные материалы помогают достигать капельного, а не пленочного режима конденсации, что значительно улучшает теплопередачу. Современные теплообменники часто обеспечивают «умными» системами контроля. Использование «умных» систем позволяет в реальном времени отслеживать важные параметры работы оборудования и быстро исправления всех недочетов в работе [5].

Перспективы развития теплообменного оборудования тесно связано с внедрение новейших материалов и технологий. Графеновые покрытия - это тепловые трубы композиционных материалов с высокой теплопроводностью. Однако такой материал имеет недостаток в виде его цены, и перед тем как использовать данный материал, нужно тщательно анализировать соотношения между затратами на модернизацию и ожидаемым эффектом [4].

Практический опыт показал, что максимальная эффективность достигается при комплексном подходе: регулярная очистка оборудования, постепенная замена старых деталей на современные, внедрение систем автоматического контроля. Такой комплексный подход поможет значительно снизить расход энергии и сэкономить деньги на эксплуатации.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гогонин, И.И. Теплообмен при пленочной конденсации и пленочном кипении в элементах оборудования АЭС / И.И. Гогонин, И.А. Шемагин, В.М. Будов, А.Р. Дорохов; под ред. В.Е. Накорякова. - Москва: Энергоатомиздат, 1993. - 207 с.

2. Зысина Л. М., Теплопередача при кипении в большом объеме жидкости, Сборник «За новое советское энергооборудование», ЦКТИ, 1939.

3. Zhilin, E. V. Transformation Justification of types of filter compensating devices in 6 kV mine networks with powerful nonlinear electric receivers / E. V. Zhilin, D. A. Prasol, N. Yu. Savvin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Т. 1089, N. 1. – С. 012019. – DOI 10.1088/1757-899x/1089/1/012019.

4. Тепломассообменные процессы в испарительном блоке воздушного теплового насоса / Т. Н. Ильина, П. А. Орлов, Н. Ю. Саввин, Ю. В. Елистратова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 4. – С. 36-44. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-4-36-44. – EDN TJEWSV

5. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин /. Инженерные системы и сооружения. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/20

*УДК 53*

*Семыкина О.С.*

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

## **СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ. ОЦЕНКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ВОЗДУХА**

Системы вентиляции существенно продвинулись в направлении энергосбережения. Современные системы обладают рядом инновационных функций, которые позволяют сократить расход энергии. Такие системы могут регулировать подачу потока свежего воздуха в здание, что способствует улучшению работы вентиляции и снижает расход электроэнергии [1].

В наше время вентиляции становятся не просто частью инженерии, а умным инструментом, который подстраивается к людям и окружающей среде. Технологии вентиляции развиваются не меньше чем другие системы инженерии. В современном мире технологии развития уже далеко ушли от простых воздухопроводов и вентиляций. Сейчас вентиляция – это умная система, которая может адаптироваться под требования пользователя и заботиться о качестве воздуха. Рассмотрим несколько новых решений вентиляции [5].

Умные вентиляционные системы представляют собой набор технических устройств и программных алгоритмов, которые помогают

обеспечивать автоматическую подачу воздуха в помещения. Такая система оснащена датчиками и интеллектуальными механизмами управления, которая анализирует различные параметры, такие как: температура, влажность, концентрация углекислого газа, а также активность и потребности людей. К основным характеристикам такой системы относятся: автоматизация, энергоэффективность, объединение с умным домом, мониторинг и диагностика. К преимуществам такой системы можно отнести несколько факторов - улучшение качества воздуха (постоянный воздухообмен и избавляет его от загрязнений, таких как пыль, аллергены, углекислый газ и запахи). Комфорт и удобства тоже можно отнести к преимуществу, так как «умная» вентиляция позволяет автоматически поддерживать оптимальную температуру и влажность в помещении, создавая комфортные условия для жизни. Система работает автономно, без лишнего шума и необходимости ручного управления. Сокращение расходов на энергию. За счет автоматической адаптации к условиям окружающей среды «умные» вентиляционные системы потребляют на 20-30% меньше энергии, чем стандартные. Использование устройств для теплообмена позволяет минимизировать потери тепла, что также помогает экономить на отоплении. Долговечность и надежность тоже можно отнести к преимуществу «умной» вентиляции, так как в основном такая система обладает высококачественными фильтрами и компонентами, которые продлевают срок службы и не нуждаются в частой замене [3].



Рис.1. Вентиляционная система

Геотермальный тепловой насос представляет собой климатическую систему, которая использует тепловую энергию грунта для обогрева зимой и охлаждения помещения в летний период. В этом случае земля выполняет функцию естественного теплообмена. Принцип работы: геотермальное отопление использует физические принципы температурной разницы и обратного цикла Карно. Благодаря тому, что на шестиметровой глубине земля круглогодично поддерживает стабильный плюс пятнадцать градусов, тепловой насос может эффективно забирать эту энергию через грунтовый теплообменник и

передавать ее в дом [4]. Геотермальные тепловые насосы обладают рядом значительных преимуществ. Прежде всего они имеют высокую энергоэффективность, так как способны получать более 70% нужной энергии из глубинных слоев земли. Это явление считается практически бесплатным, что позволяет сократить расходы на обогрев зимой. Также не менее важным достоинством такой системы является экологичность. В отличие от стандартных способов отопления, работающих на газе или угле, геотермальные насосы являются более безопаснее и не приводят к вредным выбросам. Можно выделить еще одно преимущество, это – долговечность и надежность. Основное оборудование размещено под землей, где оно защищено от воздействия природных явлений, благодаря этому срок службы таких установок значительно превышает продолжительность работы обычных отопительных систем [2].



Рис.2. Геотермальный тепловой насос

В ходе работы мы сравнили различные технологические решения для систем вентиляции. Были проанализированы их эффективности с точки зрения энергосбережения и качества воздуха. Современные системы вентиляции стали больше чем просто механизм воздухообмена. Сегодня это интеллектуальный комплекс, способный адаптироваться к потребностям пользователя и условиям окружающей среды. Таким образом переход на современные вентиляционные системы представляется экономически выгодным и экологически целесообразным решением.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алоян Р. М., Федосеев В. Н., Петрухин А. Б. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непромышленного назначения //Изв. вузов. Технол. текст, пром- сти. - 2016. - № 1. – 361 с.
2. Геотермальный тепловой насос [Электронный ресурс]. URL <https://ru.wikipedia.org> – Дата доступа: 21.03.2025.
3. Zhilin, E. V. Transformation Justification of types of filter compensating devices in 6 kV mine networks with powerful nonlinear electric receivers / E. V. Zhilin, D. A. Prasol, N. Yu. Savvin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Т. 1089, N. 1. – С. 012019. – DOI 10.1088/1757-899x/1089/1/012019.
4. Тепломассообменные процессы в испарительном блоке воздушного теплового насоса / Т. Н. Ильина, П. А. Орлов, Н. Ю. Саввин, Ю. В. Елистратова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 4. – С. 36-44. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-4-36-44. – EDN TJEWSV
5. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/2074-188X.2024.34.62.002. – EDN CVDXBN

УДК 69.059.623

<sup>1</sup>*Серых В.Д.*

*Научный руководитель: <sup>2</sup>Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup>*Московский государственный технический университет, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ДЕМОНТАЖ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ХЛОРНОЙ СТАНЦИИ

Демонтаж здания – это достаточно сложный процесс, требующий строгое соблюдение правил безопасности. При проведении экспертизы промышленной безопасности объекта [1-4] зачастую выясняется, что:

- безопасность эксплуатации обследуемое сооружение не гарантируется;
- на территории существующего объекта демонтажа планируется строительство нового объекта строительства;
- здание в процессе эксплуатации было сильно повреждено;

– здание будет мешать строительным работам, проводимым в непосредственной близости от него.

Во всех вышеупомянутых случаях предполагается демонтаж обследуемого объекта.

Различают два способа демонтажа: демонтаж методом поэлементной разборки конструкций здания и демонтаж методом обрушения. В первом случае здание разбирается в порядке, обратном его возведению, начиная с крыши и заканчивая фундаментом. Второй вариант подразумевает быстрый контролируемый снос здания.

Рассмотрим первый вариант сноса на примере демонтажа здания хлорной станции, расположенной на территории станции водоподготовки в поселке Прохоровка Белгородской области (рис. 1). Здание хлорной станции введено в эксплуатацию в 1972 году и имеет следующие характеристики:

1. Статус объекта – неэксплуатируемое.
2. Конструктивный тип объекта – бескаркасный, несущие продольные и поперечные стены.
3. Площадь застройки объекта – 84,4 м<sup>2</sup>.
4. Габаритные размеры в плане – 6,7х12,6 м.
5. Высота объекта h=5,5 м (2 этажа).
6. Фундаменты – бетонные.
7. Стены – кирпичные.
8. Перекрытие и покрытие – сборные железобетонные плиты.
9. Кровля – шифер.
10. Полы – бетонная стяжка.
11. Оконные блоки – деревянные.
12. Дверные блоки – деревянные.



Рис. 1. Здание хлорной станции

Демонтаж производится по причине значительного износа здания и невозможности его эксплуатации по прямому функциональному назначению. Исходя из специфики производства работ проектом принимается комбинированный метод демонтажа хлорной станции: демонтаж заполнений оконных и дверных проемов, кровли, освобождение демонтируемых железобетонных плит от заземления в каменной кладке и демонтаж каменных стен и перегородок производится вручную с помощью средств малой механизации; демонтаж междуэтажных железобетонных плит и плит покрытия осуществляется с помощью автокрана. Одновременное выполнение работ в двух и более уровнях по одной вертикали не допускается. Демонтаж производится таким образом, чтобы демонтаж одних элементов не вызвал обрушение других.

Технологическая последовательность при сносе зданий хлорной станции:

- демонтаж кровли вручную;
- демонтаж дверей и окон вручную;
- разборка каменной кладки до освобождения железобетонных плит покрытия вручную с помощью средств малой механизации;
- демонтаж железобетонных плит покрытия с помощью автокрана;
- разборка каменной кладки до освобождения стальных балок и труб вручную с помощью средств малой механизации;
- демонтаж стальных балок и труб с помощью автокрана;
- разборка каменной кладки стен второго этажа вручную с помощью средств малой механизации;
- разборка каменной кладки до освобождения ж/б плит перекрытия вручную с помощью средств малой механизации;
- демонтаж ж/б плит перекрытия с помощью крана;
- разборка каменной кладки до конструкции нулевого цикла (фундамента) вручную с помощью средств малой механизации;
- демонтаж бетонного пола вручную с помощью гидромолота;
- демонтаж конструкций нулевого цикла (фундаменты) с помощью экскаватора.

Таким образом, снос или демонтаж зданий – это сложный, многоэтапный процесс, включающий в себя комплекс строго спланированных мероприятий. Грамотно выполненный демонтаж позволит качественно освободить участок и подготовить его для возведения нового строительного объекта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серых И.Р., Чернышева Е.В. Промышленная безопасность при техническом перевооружении опасного производственного объекта на примере литейного цеха // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 5. С. 35–41.
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. Стаинов В.В., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Риск-ориентированный подход в области промышленной безопасности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №12. С. 6–12.
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. Serykh I.R., Chernysheva E.V., Degtyar A.N. Examination of the Safety of the Centrifuge Site of a Sugar Factory in the Belgorod Region in Order to Assess the Technical Condition of Structures. Lecture Notes in Civil Engineering, 2021. Vol. 95. P. 92–99.
6. Серых И.Р., Чернышёва Е.В., Дегтярь А.Н. Обеспечение условий жизнедеятельности персонала в рамках обследования несущих конструкций производственных помещений // Известия тульского государственного университета. Науки о земле. 2024. № 3. С. 220-229.

*УДК 674.048.3:674.049.2*

*Скирдин Д.С., Бачкала В.А.*

*Научный руководитель. Шорстова Е.С. канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Древесина, несмотря на многовековую историю применения, остается одним из ключевых материалов в строительстве, мебельной промышленности и дизайне. Однако её природные ограничения — склонность к деформациям при изменении влажности, уязвимость к биоповреждениям и огню — стимулируют поиск методов, способных расширить эксплуатационные характеристики. Модификация

древесины, направленная на целенаправленное изменение её структуры или химического состава, сегодня рассматривается как перспективное направление в материаловедении. Современные технологии позволяют создавать материалы с повышенной стабильностью, долговечностью и устойчивостью к агрессивным средам, что открывает новые возможности для замены синтетических аналогов экологичными решениями.

### **Основные методы модификации:**

#### *Термическая обработка*

Термическая модификация — один из самых доступных и экологичных методов. Процесс предполагает нагрев древесины до 160–240°C в инертной среде (азот, пар), что предотвращает горение. Под воздействием высоких температур происходит деструкция гемицеллюлоз — компонентов, ответственных за гигроскопичность. Одновременно лигнин подвергается перестройке, формируя более плотную структуру. По данным исследований, после термообработки равновесная влажность материала снижается на 40–60%, а устойчивость к грибковым поражениям возрастает в 2–3 раза. Например, сосна, обработанная при 220°C, демонстрирует снижение водопоглощения с 12% до 5%.

Однако у метода есть недостатки: прочность на изгиб уменьшается на 10–15%, а цвет древесины темнеет, что ограничивает её применение в декоративных целях. Кроме того, процесс требует точного контроля температуры: превышение порога в 240°C приводит к пиролизу и потере структурной целостности. [1]

#### *Химическая модификация*

Химические методы основаны на взаимодействии реагентов с компонентами клеточных стенок. Среди них выделяют:

1. **Ацетилирование** — обработка уксусным ангидридом. Реагент замещает гидроксильные группы (-ОН) в целлюлозе на ацетильные (-ОСОСН<sub>3</sub>), что снижает способность материала поглощать воду. По результатам экспериментов, ацетилированная берёза сохраняет стабильность размеров даже при 95% влажности воздуха, а её биостойкость сопоставима с тропическими породами.

2. **Фурфурилирование** — пропитка фурфуриловым спиртом с последующей полимеризацией. Метод не только уменьшает гигроскопичность, но и повышает твёрдость в 1.5–2 раза, а также придаёт огнезащитные свойства.

Несмотря на эффективность, химические методы требуют использования токсичных реагентов и сложной утилизации отходов,

что повышает себестоимость продукции. Например, ацелирование увеличивает цену древесины в 2–3 раза.

#### *Пропитка полимерными составами*

Технология основана на заполнении пор древесины синтетическими смолами (эпоксидными, меламин-формальдегидными) или биополимерами. Это создаёт барьер для проникновения влаги и микроорганизмов, одновременно усиливая механические свойства. Интерес представляет метод «жидкой древесины», где матрица из полилактида (PLA) сочетается с древесными волокнами. Такой материал обладает гибкостью пластика, но сохраняет текстуру натуральной древесины.

Исследования показывают, что пропитка меламиновыми смолами увеличивает прочность на сжатие на 10–20%, однако может снижать паропроницаемость, что важно учитывать при использовании в жилых помещениях.

#### *Биологические методы*

Инновационное направление — применение микроорганизмов и ферментов для частичного изменения структуры древесины. Например, грибы-ксилотрофы (*Trametes versicolor*) разлагают лигнин, делая материал более эластичным. Другой подход — использование бактерий, синтезирующих биополимеры внутри клеточных полостей. Такая обработка повышает устойчивость к насекомым-вредителям на 50–70%, согласно экспериментальным данным.

Биологическая модификация экологична, но требует длительного времени (недели или месяцы) и строгого контроля условий (температура, влажность), что затрудняет масштабирование. [2]

#### *Сравнение технологий*

Анализ современных исследований позволяет выделить ключевые преимущества и ограничения методов. Термическая обработка оптимальна для применения в строительстве, где критична устойчивость к влаге, но невысокие механические нагрузки. Химическое ацелирование подходит для производства мебели и отделочных материалов, но высокая стоимость ограничивает массовое внедрение. Пропитка полимерами демонстрирует наилучшие результаты в сочетании прочности и влагостойкости, однако требует решения вопросов экологичности синтетических смол. Биологические методы перспективны для нишевых применений, например, в реставрации исторических объектов, где важна минимальная инвазивность.

Внедрение технологий модификации уже трансформирует ряд отраслей:

<p>В строительстве термообработанная древесина используется для фасадных панелей и террасной доски, заменяя традиционные лиственницу и тик.</p>	<p>В мебельной промышленности ацелированные материалы востребованы для кухонных столешниц и ванн комнат благодаря стабильности в условиях перепадов влажности.</p>	<p>В транспортном секторе пропитанные смолами композиты применяются в отделке вагонов и корабельных палуб, сокращая вес конструкций на 25–30%.</p>
---	--	--

Рис. 1: Отрасли под влиянием технологий модификации

Отдельное направление — создание «умной» древесины с заданными свойствами. Например, исследования в области нанопропитки позволяют получать материалы с электропроводящими покрытиями для интеграции в системы «умного дома».

#### *Проблемы и перспективы развития*

Несмотря на прогресс, остаются вызовы. Основной из них — высокая стоимость большинства методов. Даже термообработка, требующая значительных энергозатрат, увеличивает цену материала на 30–50%. Кроме того, недостаточно данных о долговечности модифицированной древесины в экстремальных условиях (например, при циклическом замораживании-оттаивании).

Перспективы связаны с комбинированием технологий. Например, предварительная термообработка снижает расход химических реагентов при последующей пропитке на 40%, что подтверждается экспериментами. Также активно изучается использование отходов деревообработки (опилки, щепа) для создания композитов с биоразлагаемыми полимерами. [3]

Модификация древесины — это не просто улучшение природных свойств материала, но и шаг к устойчивому развитию. Замена металлов и пластиков модифицированной древесиной сокращает углеродный след, а применение биологических методов снижает зависимость от химической промышленности. Для массового внедрения технологий необходимы:

- Разработка стандартов качества и методов сертификации.
- Снижение себестоимости за счёт оптимизации процессов.
- Интеграция исследований в области биохимии, нанотехнологий и машиностроения.

Студенты-материаловеды могут внести вклад в эту область, фокусируясь на изучении гибридных методов и поиске решений для вторичной переработки модифицированных материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руденко, О. Л. Обоснование методики глубокой пропитки древесины защитными растворами / О. Л. Руденко // XI Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство" : Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 571-575. – EDN ARFHJC.

2. Минибаев, А. А. Исследование свойств и преимуществ термически модифицированной древесины / А. А. Минибаев, С. И. Овсянников // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Белгород, 14 апреля 2021 года. Том 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 189-195. – EDN VGJLAC.

3. Лесовик, В. С. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций / В. С. Лесовик, С. И. Овсянников, А. В. Федоренко // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды : международная научно-техническая конференция, Белгород, 24–25 ноября 2015 года. Том II. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 222-228. – EDN VTVKRL.

4. Ovsyannikov, S. I. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction / S. I. Ovsyannikov, V. Y. Dyachenko // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 583-588. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.583. – EDN HRIFOE.

*Целуйко М.А.*

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

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пеностекло — это легкий и прочный материал, получаемый путем вспенивания стеклянной массы (рис. 1). Он обладает низкой теплопроводностью, высокой прочностью и устойчивостью к воздействию влаги и химических веществ [1].

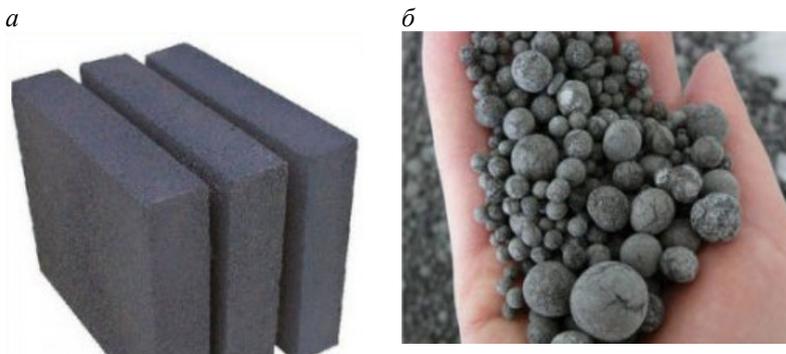


Рис. 1. Разновидности пеностекла, применяемые в строительстве: *а* – блоки из пеностекла заданных размеров; *б* – гранулированное пеностекло

Эти свойства делают пеностекло привлекательным для использования в различных строительных проектах. Исследования показывают [2], что применение пеностекла в качестве теплоизоляционного слоя позволяет значительно снизить теплопотери здания, что в свою очередь ведет к уменьшению потребления энергии на отопление.

Пеностекло имеет следующие ключевые характеристики [3, 4]:

1. Теплопроводность: низкая теплопроводность позволяет использовать пеностекло в качестве эффективного теплоизоляционного материала.

2. Плотность: пеностекло может иметь плотность от 100 до 300 кг/м<sup>3</sup>, что делает его легким и удобным в работе.

3. Влагостойкость: материал не впитывает влагу, что предотвращает образование плесени и грибка, а также не уменьшает его теплозащитные свойства.

4. Устойчивость к химическим веществам: пеностекло не подвержено коррозии и воздействию агрессивных сред.

Пеностекло активно используется для теплоизоляции наружных стен (рис. 2), чердачных перекрытий и полов над неотапливаемыми подвалами [2].



Рис. 2. Варианты конструктивно-технологических решений утепления наружных стен зданий с постоянным пребыванием людей:

*а* – утепление наружной стены здания блоками из пеностекла со стороны помещения; *б* – то же, с внешней стороны наружной стены здания

Благодаря своим высоким теплоизоляционным свойствам, этот материал помогает снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование воздуха в помещениях зданий с длительным или постоянным пребыванием людей.

Пеностекло также эффективно поглощает звук, что делает его идеальным для использования в звуконепроницаемых перегородках и стенах [1]. Это особенно актуально для жилых комплексов и офисных зданий.

Благодаря своей легкости и прочности, пеностекло в виде гранул (см. рис. 1, б) может использоваться в качестве заполнителя для лёгких бетонов [5], пригодных для изготовления несущих и ограждающих бетонных и железобетонных конструкций.

С учетом растущего интереса к экологически чистым материалам, пеностекло становится все более популярным выбором для "зеленого"

строительства. Оно производится из переработанного стекла и не выделяет вредных веществ.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сформулировать следующие преимущества применения пеностекла в строительстве:

- высокая тепло- и звукоизоляция;
- устойчивость к влаге и химическим веществам;
- легкость и прочность;
- экологичность.

Однако, нельзя не отметить и существенные недостатки этого материала [5]:

- высокая стоимость по сравнению с традиционными материалами;
- отсутствие в некоторых регионах возможности его массового производства ввиду отсутствия достаточной сырьевой базы и высокой энергозатратности применяемого технологического оборудования.

В заключение можно отметить, что пеностекло представляет собой многофункциональный строительный материал, который находит применение в различных областях строительства благодаря своим уникальным свойствам. Его использование способствует повышению энергоэффективности зданий, улучшению звукоизоляции и соблюдению экологических стандартов. Однако необходимо учитывать и некоторые недостатки, из которых наиболее существенным является его высокая стоимость.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Смирнов, Д. Е. Пеностекло как инновационный материал для строительства / Д.Е. Смирнов, А.В. Кузнецов // Архитектура и строительство. – 2019. – № 8(4). – С. 12-19.

2. Гольцман, Б.М. Анализ эффективности применения многослойных теплоизоляционных строительных панелей / Б.М. Гольцман, Е.А. Яценко, Л.А. Яценко, Н.С. Карандашова // Научное обозрение. – 2016. – № 18. – С. 23-27.

3. Громов, И. А. Энергоэффективность современных строительных материалов / И.А. Громов, П.Н. Сидоров // Строительная наука. – 2020. – № 15(3). – С. 45-57.

4. Минько, Н.И. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал / Н.И. Минько, О.В.

Пучка, Е.И. Евтушенко, В.М. Нарцев, С.В. Сергеев // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6-4. – С. 849-854; URL: <https://fundamental-research.ru> (дата обращения: 24.05.2025).

5. Давидюк, А.Н. Лёгкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях: монография / А.Н. Давидюк. – М.: Красная звезда, 2008.– 208 с.

*УДК 621.644*

*Шайхутдинова А.М.*

*Научный руководитель: Ляпин А.И., канд. техн. наук, доц.  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Россия*

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ТРУБОПРОВОДОВ**

В настоящее время вопрос продления срока эксплуатации существующих трубопроводных инженерных сетей в жилищно-коммунальном хозяйстве является актуальной задачей в условиях недостаточности финансирования, большого объема трубопроводов и значительной доли их изношенности (аварийности). Изношенность трубопроводов во многих городах и на предприятиях может достигать 60 %. Часто власти городов, руководство предприятий и инженерные службы рассматривают для своих сетей методы санации эксплуатируемых трубопроводов.

Для систем канализационных трубопроводов, нефтепроводов, водопроводов и трубопроводов других технологических жидкостей в большинстве случаев используется углеродистая сталь, чугун, низколегированная сталь, реже асбест или бетон. Данные материалы имеют низкую стойкость к коррозии, являются хрупкими и способны при эксплуатации накапливать отложения.

В процессе транспортировки сточных вод по напорным и безнапорным коллекторам канализационных сетей трубопроводы подвергаются воздействию агрессивных сред. Наличие в транспортируемой среде агрессивных элементов и коррозионно-активных соединений усиливает коррозию стенок труб. Абразивный износ и образование отложений на внутренней поверхности также является характерными при эксплуатации таких трубопроводов. Это может приводить к нарушению герметичности или увеличивать гидравлическое сопротивление на тракте (жидкости, газа). Повышение нагрузки влияет на работу насосов и другого технологического

оборудования. В сложных случаях отложения могут блокировать трубопроводы, что приведет к полной остановке транспортировки, вызвать неисправность оборудования и возникновение аварий с возможными последствиями для окружающей среды и здоровья человека.

Эксплуатация трубопроводов в условиях воздействия агрессивных сред и механических нагрузок, приводит к физическому износу. Износ обуславливает снижение эксплуатационных характеристик трубопроводов и повышение риска аварий. В условиях плотной городской застройки, где ограниченные возможности проведения масштабных ремонтных работ, требуют поиска и внедрения инновационных технологий восстановления [1].

В последнее время наибольшей популярностью стали использоваться трубопроводы из полимерных материалов, которые также обладают высокой устойчивостью к агрессивным средам и отложениям твердых солей. Полная замена стальных, чугунных, бетонных и других труб на полимерные часто оказывается технически сложной и экономически нецелесообразной задачей ввиду ограниченности пространства и наличия пересекающихся инженерных коммуникаций.

В отдельных случаях (при технико-экономическом обосновании, особенно в условиях ограниченности финансирования на модернизацию и замену трубных систем) рациональным решением является применение различных методов санации трубопроводов, направленных на защиту внутренней поверхности труб путем нанесения специальных покрытий. Данные покрытия предотвращают коррозионное разрушение стенок труб и образование отложений на их внутренней поверхности, что позволяет восстановить работоспособность трубопровода и продлить его срок службы.

Среди наиболее распространённых методов защиты и продления срока службы, восстановления трубопроводов можно выделить существующие:

– использование цементно-песчаной смеси для покрытия внутренней поверхности трубы. Наносимая смесь создаёт защитный слой, который препятствует дальнейшему разрушению стенок трубы. При наличии в смеси различного соотношения песка и цемента состав раствора проявляет различные свойства – устойчивость к сжатию, отсутствие растрескивания. Данный метод находит свое применение без извлечения трубопровода, а при его фактической эксплуатации, изменения конфигурации существующего оборудования. Среди преимуществ данного метода можно выделить высокий уровень

антикоррозионной защиты – до 50 лет. Цементно-песчаная смесь способна создавать теплоизоляционный слой с минимальными теплотерями, что применимо в тепловых сетях и сетях водоснабжения. Но данная технология санации трубопроводов при нанесении центробежным способом на трубопровод образует шероховатость до 0,03 мм, что создаёт дополнительное сопротивление и снижает напор технологической жидкости от 5 до 7% в зависимости от диаметра трубы по отношению к гладкой трубе. Нужно отметить, что данная шероховатость не значительно сказывается на эксплуатации оборудования и не вызывает нагрузку на насосы на больших диаметрах трубопроводов – от 150 до 700 мм. Санирование изношенного трубопровода с использованием цементно-песчаной смеси обеспечивает существенную экономию времени и средств – вплоть до 50% в зависимости от материалов и условий. Данный метод подтвердил свою эффективность. Опыт санации в трубопроводах Московской области подтвердил его эффективность [2].

– протаскивание полимерной или полипропиленовой трубы внутри изношенной. Есть два варианта протаскивания: внутрь старой или разрушение изношенной. Можно отметить, что данное техническое решение позволяет существенно экономить средства – не нужно раскопок и вызова дорогостоящей специальной техники. Метод применим при отсутствии деформации в восстанавливаемом трубопроводе, т.к. полимерные трубы с большим диаметром не обладают должной гибкостью. Протаскивание полимерной трубы в старый трубопровод перспективно в случаях необходимости замены трубопровода. Недостатками данного метода можно назвать – сужение исходного диаметра трубопровода, что приводит к повышению давления; при сильной изношенности трубопровода присутствует вероятность полного разрушения при протаскивании и необходимости колоссальных ремонтных работ. Данный метод обладает долговечностью и не требует высокой квалификации персонала при монтаже. Перспектива использования пропиленовых и полимерных труб заключается в сниженных теплотерях и минимально возможном сопротивлении трубы с жидкостью, так как материал обладает малой шероховатостью. Такая технология была внедрена на трубопроводной системе отопления в городе Новороссийск с демонстрацией положительных результатов [3].

– использование эластичных рукавов. Под определённым давлением и температурой данный рукав погружается в трубу, который «прилипает» и создаёт композитную трубу внутри существующей. В последнее время потенциал данного метода высок, т.к. используется

технология самоотверждения рукава под воздействием ультрафиолетового излучения, существенно сокращая время восстановления трубопровода. Полимерно-композитные рукава устойчивы к механическому и химическому воздействию агрессивных сред и не требуют масштабных земляных работ. Такой метод санации трубопроводов применим в водопроводных, канализационных и промышленных сетях [6]. По сравнению со всеми рассмотренными ранее методами можно выделить существенное преимущество – минимальное уменьшение поперечного сечения трубопровода, не повышая сопротивление жидкости. Такой метод нашел отражение в системе Нижегородской области теплосетевой компании. Эксплуатация началась с 2021 года и осуществляется по настоящее время [7].

На сегодняшний день проблема продления эксплуатационного ресурса существующих инженерных коммуникаций в сфере жилищно-коммунального хозяйства приобретает особую актуальность. Это обусловлено дефицитом финансирования, значительным объемом трубопроводных систем и высоким уровнем их физического износа. Процент износа трубопроводных сетей может достигать критического уровня, что требует незамедлительного решения. Администрации муниципалитетов, тепло- и ресурсоснабжающие организации внедряют различные методы восстановления и реновации эксплуатируемых трубопроводов. Следует отметить, что рассмотренные методы продления срока службы трубопроводов обладают относительно высокой эффективностью, но всё же являются временными мерами.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Фомин, К. Методы санации трубопроводов водоснабжения и водоотведения / К. Фомин // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2011. – № 10(118). – С. 20-24.

2. Санация тепловых сетей методом цементирования [Электронный ресурс] <https://www.rosteplo.ru> (дата обращения: 10.04.2025).

3. МЕТОДЫ РЕНОВАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ [Электронный ресурс] <https://alternativa-sar.ru> (дата обращения: 10.04.2025).

4. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: архив 2004–2012 гг. URL: <http://www.gosnadzor.ru/public> (дата обращения 06.04.2024).

5. Аскарлов Роберт Марагимович, Аскарлов Роман Германович, Каримов Ринат Маратович, Шамилов Хирамагомед Шехмагомедович,

Соколова Виктория Владимировна. Анализ аварийности на магистральных трубопроводах с продолжительным сроком эксплуатации // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2024. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 10.04.2025).

6. Жумагалиев, Е. К. Инновационные методы санации трубопроводов: использование полимерно-композитных рукавов-лайнеров с ультрафиолетовым отверждением / Е. К. Жумагалиев, А. Е. Елеусинова // Вестник науки. – 2024. – Т. 3, № 12(81). – С. 1644-1654.

7. Инновационные технологии заводят в трубу [Электронный ресурс] <https://www.kommersant.ru> (дата обращения: 10.04.2025).

**УДК 69.001.5**

**Шенцев А.М.**

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

*Белгородский государственный технологический университет*

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

## **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДЕТСКИЕ ПЛОЩАДКИ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Интерактивные детские площадки становятся важной частью комплексного благоустройства придомовой территории, так как они не только создают интересное и безопасное пространство для игр, но и способствуют развитию детей, их социализации и физическому, когнитивному и эмоциональному развитию. Такие площадки функционируют с применением современных технологий и инновации, которые позволяют сделать время препровождения детей более увлекательным и полезным [1].

Одним из ключевых аспектов проектирования интерактивных детских площадок является безопасность. Все элементы должны соответствовать строгим стандартам безопасности, быть изготовлены из экологически чистых и прочных материалов. Площадки зачастую имеют зоны для активных игр, спортивные элементы, а также интерактивные зоны с образовательными и развивающими играми, включающими в себя сенсорные панели, музыкальные инструменты на свежем воздухе, а также световые и звуковые эффекты, которые реагируют на действия детей, стимулируя их интерес и развитие [2].

Важным фактором является также универсальность таких площадок. Доступность для детей разных возрастов и с различными физическими возможностями, что позволяет не только обеспечить

инклюзивность, но и привлекает большее количество семей, которые могут проводить время вместе, способствуя укреплению социальных связей в сообществе.

Кроме того, современные интерактивные площадки могут интегрироваться с природным ландшафтом. Использование зеленых насаждений, водных элементов и природных материалов в дизайне делает пространство более привлекательным и создает комфортную атмосферу для отдыха как детей, так и их родителей [3].

Немаловажным аспектом является также вовлечение родителей и местной общественности в процесс проектирования и создания таких площадок. Это позволяет лучше учитывать потребности и пожелания жителей, что, в свою очередь, способствует более активному и ответственному отношению к содержанию и использованию благоустроенных территорий.

Таким образом, интерактивные детские площадки в рамках комплексного благоустройства придомовых территорий могут значительно повысить качество жизни в муниципалитетах, создавая безопасные, удобные и разнообразные пространства для отдыха, общения, для организации различных мероприятий и праздников для детей и родителей, которые будут дополнительно укреплять социальные связи в районе.

Также важно отметить влияние интерактивных детских площадок на развитие ребенка. Игровые процессы на таких площадках способствуют не только физическому, но и психоэмоциональному, а также социальному развитию [4].

Интерактивные элементы, такие как сенсорные игры, конструкции, способствующие движению, высокоэффективны для тренировки координации и моторики. Общение с природой и использование натуральных материалов, которые могут быть частью такой площадки, позволяют детям развивать экологическое сознание с ранних лет. Они учатся бережно относиться к окружающей среде, что играет важную роль в формировании ответственного поколения [5].

Актуальным в рамках комплексного благоустройства придомовой территории, является вопрос о поддержании состояния площадок. Регулярные проверки, уборка и уход за элементами инфраструктуры помогут обеспечить безопасность и комфорт для пользователей. Важно, чтобы местные власти вовлекали жителей в поддержание порядка и чистоты на территории, создавая таким образом ощущение совместного участия и ответственности у всех членов сообщества [6].

Таким образом, интерактивные детские площадки становятся не просто местом для игры, а полноценным пространством для развития,

общения и активного отдыха. Они способствуют созданию гармоничной и активной городской среды, которая отвечает требованиям современности и интересам различных групп населения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А. Яковлева Е.А., Корякина А.А., Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 109-115.

2. 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.

3. Приказ Минстроя России №897 // пр, Минспорта России №1128 от 27.12.2019 (ред. от 12.01.2024) «Об утверждении методических рекомендаций по благоустройству общественных и дворовых территорий средствами спортивной и детской игровой инфраструктуры»

4. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Глаголев Е.С. Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. № 4. С. 61-67.

5. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Нормативно-правовое регулирование жилищного строительства в России // 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.

6. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений в процессе эксплуатации с применением средств цифрового контроля // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2023. № 10. С. 81-83.

## Оглавление

Ал-Луаибни Нема Юсиф Ахмед<sup>1</sup>

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОТ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, СТРУКТУРНЫХ И  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК..... 3

Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.

ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ШПУНТОВ ТРУБЧАТЫХ  
СВАРНЫХ ..... 7

Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.

СИСТЕМА «COOL BRICK» ..... 10

Войтенко Д.С.

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ  
ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА БАЗЕ  
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ..... 12

Гребеник А.А.

ВИМ В РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ ..... 16

Гуров Ф.В.

АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В  
СФЕРЕ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА..... 21

Данилова А.Н., Коломиец М.Р.

УЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ  
ЦИФРОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРКЕТА И РЕАЛИЗАЦИЯ В  
ПРОГРАММЕ «КОНСТРУКТОР ПАРКЕТА» ..... 28

Доронин К.Е.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ  
МОНОЛИТНЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... 32

Еремин В.О.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СЕЧЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ШПУНТОВ ..... 35

Иванов К.И.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ .....	40
Кореньков Д.С., Клепикова М.Ю., Аулов Д.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СНЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОГ .....	45
Кувшинова А.С.	
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	48
Куличкина Ю.Т., Дик М.М.	
ОПЫТ И ИННОВАЦИИ ЯПОНИИ В СФЕРЕ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	50
Левенец Р.Ю.	
ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСТ 6713- 2021 В РОССИЙСКОМ МОСТОСТРОЕНИИ.....	54
Левшин А.М.	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ .....	59
Лимощенко В.А.	
РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ РАСЧЕТОВ КОНСТРУКЦИЙ.....	64
Манаков Н.А., Гущин Д.А., Санжарова Е.Н.	
ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ ОБЖИГОМ.....	67
Мишенин О.В.	
ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ДЕЙСТВИИ ИЗГИБА С КРУЧЕНИЕМ .....	72
Ньямитамбу М.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО	

КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ЦЕЛЬЮ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ .....	76
Палий А.К.	
КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА И УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОЙ САНАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА МАТЕРИАЛОВ.....	80
Пахомов И.С.	
О ПРОБЛЕМАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ .....	85
Пашков Г.А., Евдокимов А.Ю.	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	89
Пашков Г.А., Погореленко К.А.	
ЗНАЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ В УРЕГУЛИРОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ, ГОРОДСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПРОБЛЕМ.....	92
Погореленко К.А., Пашков Г.А.	
ПЕРЕДВИЖНЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	97
Пухов И.Е.	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МКЭ СТЕРЖНЕВЫХ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ .....	101
Рябокоть И.Р., Сенкевич А.Д.	
АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ .....	105
Семенюк И.А.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ КРОВЛИ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ЗДАНИЙ .....	109
Семькина О.С.	

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ..... 112

Семыкина О.С.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ. ОЦЕНКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ..... 114

<sup>1</sup>Серых В.Д.

ДЕМОНТАЖ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ХЛОРНОЙ СТАНЦИИ ..... 117

Скирдин Д.С., Бачкала В.А.

МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ..... 120

Целуйко М.А.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ..... 125

Шайхутдинова А.М.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ТРУБОПРОВОДОВ ..... 128

Шенцев А.М.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДЕТСКИЕ ПЛОЩАДКИ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ ..... 132